



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000315665 A**(43) Date of publication of application: **14.11.00**

(51) Int. Cl. **H01L 21/304**
B24B 1/00

(21) Application number: **2000074910**(71) Applicant: **EBARA CORP**(22) Date of filing: **10.02.00**

(72) Inventor: **HIROKAWA KAZUTO**
HIYAMA HIROKUNI
WADA TAKETAKA
MATSUO NAOHORI
SHIMIZU NOBU

(30) Priority: **29.04.99 US 99 301718**(54) **POLISHING METHOD AND POLISHING DEVICE**

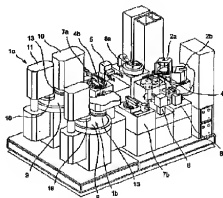
a motor and it can turn around the shaft center of a shaft.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce an environmental problem and the load of cost by polishing a device wafer by a first system and polishing and finishing it by a different second system.

SOLUTION: First and second polishing units 1a and 1b are provided with turn tables 9 where polishing tools are fitted to upper faces, top ring mechanisms 10 holding semiconductor wafers by vacuum adsorption and pressing them to turn table faces and dresser mechanisms 11 resetting fixed abrasive grain polishing tools. In the polishing units, the devices of same specifications among the turn tables, the top ring mechanisms and the dresser mechanisms are basically and symmetrically arranged against transportation lines. The top ring mechanism 10 is provided with a top ring 13 which is positioned above the turn table 9 and presses a semiconductor wafer to the turn table 9 while it is held. The turn table 9 is connected to



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-315665

(P2000-315665A)

(43) 公開日 平成12年11月14日 (2000.11.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース* (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 1	H 0 1 L 21/304	6 2 1 C
	6 2 2		6 2 2 X
			6 2 2 C
			6 2 2 F
			6 2 2 M

審査請求 未請求 請求項の数27 書面 (全 26 頁) 最終頁に続く

(51) 出願番号 特願2000-74910 (P2000-74910)

(22) 出願日 平成12年2月10日 (2000.2.10)

(31) 優先権主張番号 09/301718

(32) 優先日 平成11年4月29日 (1999.4.29)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 00000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 廣川 一人

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 松山 浩國

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(74) 代理人

100091498

弁理士 渡邊 勇 (外1名)

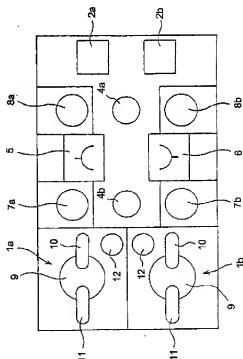
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 研磨速度の安定性、段差特性、被研磨面に発生する欠陥の低減等を各種の研磨対象物に対して同時に達成することができ、かつ環境問題やコストの負荷の小さい研磨方法及び装置を提供する。

【解決手段】 デバイスウエハ20を研磨する方法において、第一の固定砥粒研磨方式14aで前記デバイスウエハを研磨する第一研磨工程と、前記第一の固定砥粒研磨方式とは異なる第二の固定砥粒研磨方式14bで研磨する仕上げ研磨工程とを有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デバイスウエハを研磨する方法において、

第一の固定砥粒研磨方式で前記デバイスウエハを研磨する第一研磨工程と、
前記第一の固定砥粒研磨方式とは異なる第二の固定砥粒研磨方式で研磨する仕上げ研磨工程とを有することを特徴とする研磨方法。

【請求項2】 前記第二の固定砥粒研磨方式で用いる第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨方式で用いる第一の固定砥粒研磨工具より軟質であることを特徴とする請求項1の研磨方法。

【請求項3】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より弾性係数が低いことを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項4】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より弾性係数が低いことを特徴とする請求項3に記載の研磨方法。

【請求項5】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より低硬度の砥粒で構成されていることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項6】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より砥粒の自作作用が大きいことを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項7】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より空孔率が高いことを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項8】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具よりバインダの比率が低いことを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項9】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、水溶性のバインダを含有していることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項10】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より粒径の小さい砥粒を含有していることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項11】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、バインダ中に弾性体微粒子を含有していることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項12】 前記第二の固定砥粒研磨工具は、上層の硬質工層と、下層の弾性体層とを積層して構成されていることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

【請求項13】 第一研磨工程と仕上げ研磨工程を互いに異なる研磨条件で行なうことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項14】 前記仕上げ研磨工程において、前記第一の研磨工程とは異なる研磨液を供給することを特徴とする請求項12に記載の研磨方法。

【請求項15】 前記第一研磨工程及び／又は仕上げ研磨工程において、研磨と並行してドレングを行うこと

を特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項16】 前記第一研磨工程と前記仕上げ研磨工程の間に前記ウエハを洗浄することを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項17】 第一研磨工程と仕上げ研磨工程を、同一の固定砥粒研磨工具を使用しつつ、互いに異なる研磨条件で行なうことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項18】 第一研磨工程と仕上げ研磨工程を、同一の固定砥粒研磨工具を使用しつつ、互いに異なる研磨液を供給して行なうことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項19】 第一研磨工程と仕上げ研磨工程を、同一の固定砥粒研磨工具を使用しつつ、研磨と並行してドレングしながら行うことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項20】 第一研磨工程と仕上げ研磨工程を同一の固定砥粒研磨工具を使用して行い、前記第一研磨工程と前記仕上げ研磨工程の間に前記ウエハを洗浄することを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項21】 第一研磨工程と仕上げ研磨工程を同一の固定砥粒研磨工具を使用して行い、前記第一研磨工程と前記仕上げ研磨工程の間に前記研磨工具を洗浄する又はドレングすることを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

【請求項22】 デバイスウエハを研磨する方法において、前記デバイスウエハを主に機械的研磨の効果で研磨する第一研磨工程と、

前記デバイスウエハを主に化学的研磨の効果で研磨する第二の研磨工程で研磨する仕上げ工程とを有することを特徴とする研磨方法。

【請求項23】 第一の固定砥粒研磨工具を有する主研磨ユニットと、前記第一の固定砥粒研磨工具とは異なる第二の固定砥粒研磨工具を有する仕上げ研磨ユニットとを有することを特徴とする研磨装置。

【請求項24】 仕上げ研磨ユニットのウエハ保持具には、ウエハの周囲に、第二の固定砥粒研磨工具面と接触する押圧リングが設けられていることを特徴とする請求項23に記載の研磨装置。

【請求項25】 前記第一又は第二の固定砥粒研磨工具は、自転テーブル型、並進テーブル型又はカップ型の固定砥粒研磨工具であることを特徴とする請求項23に記載の研磨装置。

【請求項26】 デバイスウエハを研磨する方法において、第一の研磨工具で前記デバイスウエハを研磨する第一研磨工程と、固定砥粒研磨工具で研磨して前記デバイスウエハ上に残

留するスクラッチを除去する仕上げ研磨工程とを有することを特徴とする研磨方法。

【請求項27】 デバイスウエハを研磨する方法において、

第一の砥石で前記デバイスウエハを研磨する第一研磨工程と、

前記第一の砥石とは異なる第二の砥石で研磨する仕上げ研磨工程とを有することを特徴とする研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハ等のポリッシング対象物を平坦且つ鏡面状に研磨する研磨方法に関し、特に、半導体デバイスの製造工程において、種々の素子や配線等のパターンや凹凸が形成されたいわゆるデバイスウエハを平坦且つ鏡面状に研磨する研磨方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体デバイスの高集積化が進むにつれて、回路の配線が微細化し、集積されるデバイスの寸法もより微細化されつつある。このような半導体ウエハの製造工程において、種々の素子や配線等のパターンや凹凸が形成されたいわゆるデバイスウエハの表面に形成された皮膜を研磨により除去して、表面を平坦化する工程が必要となる場合がある。

【0003】これは、例えば以下のように類型化される。

(1) 多層配線を有するウエハにおいて、

①層間膜を平坦化するために SiO_2 、 SiOF 、 SiOG 、 CF 等を研磨する。

②プラグ埋込後において W 、 Al 、 Cu を研磨する。

③配線埋込の後に Al 、 Cu を研磨する。

(2) MOSFET (MOS電界効果トランジスタ) において、

①シャロートレンチ形成後の多結晶 Si を研磨する。

②各種電極加工後に SiO_2 膜を研磨する。

【0004】この平坦化法の手段として、図22に示すような化学機械研磨(CMP)装置により研磨することが行われている。この種の化学機械研磨装置は、研磨布(パッド)3を貼ったターンテーブル9とトップリング機構10とを備えている。トップリング機構10は、半導体ウエハ20を保持するトップリング13と、トップリング13に回転力と押圧力を付与するトップリング軸48と、トップリング13をトップリング軸48に対して傾動させる自在継手部を構成するボール47とを備えている。トップリング13は、その下面に弾性マット42を備えており、弾性マット42に接触させて半導体ウエハ20を保持する。更にトップリング13は、研磨中に半導体ウエハ20がトップリング13の下面から外れないようにするため、円筒状のリテーナリング16を外周縁部に備えている。2上述の構成において、ターン

テーブル9とトップリング13との間にポリッシング対象物である半導体ウエハ20等を介在させて、トップリング機構10により一定の圧力をウエハ20と研磨布3の間に与えながら、ターンテーブル9とトップリング13をそれぞれ回転し、かつ研磨布3に砥粒を含む砥液(スラリー)Qを供給することにより、ウエハの表面を平坦且つ鏡面状に研磨している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような砥液(スラリー)を用いた化学機械研磨(CMP)における1つの問題点は、凹凸パターンを有するデバイスウエハを研磨する際、研磨初期は凸部が優先的に研磨されるが、次第に凹部も削られるようになるため、凹凸の段差がなかなか解消されない点である。これは、研磨が比較的柔らかい研磨布を用いて、且つ遊離砥粒を多量に含むスラリー状の砥液により研磨を行うため、化学・機械的研磨が半導体ウエハ表面上の凸部のみならず凹部にも作用するためと考えられる。即ち、図23は、従来の化学・機械的研磨による研磨特性を示し、横軸は相対時間であり、縦軸は凸部および凹部の膜厚の段差部の高さ(Δ)を示している。図示するように段差解消までに要した相対時間を1とすると、凸部が約27000Å程度から16000Å程度まで削られ、凹部も約20000Åから16000Å程度まで削られ、この時点で段差が解消している。図24(A)は、段差部の研磨初期の段階を示し、図24(B)は研磨中期の段階を示し、図24(C)は研磨終期の段階を示す。図示するように凸部と凹部に共に研磨されるため、段差の完全な解消が困難であり、又は時間がかかるという問題がある。

【0006】このような砥液(スラリー)を用いた化学機械研磨(CMP)においては、比較的柔らかな研磨布に研磨砥粒を多量に含む砥液(スラリー)を供給しつつ研磨するので、パターン依存性の問題が生じる場合がある。パターン依存性とは研磨前に存在する半導体ウエハ上の凹凸パターンにより研磨後にその凹凸に起因した緩やかな凹凸が形成され、完全な平坦度が得られないことである。即ち、細かなピッチの凹凸の部分は研磨速度が早く、大きなピッチの凹凸の部分は研磨速度が遅くなり、これにより研磨速度の早い部分と研磨速度の遅い部分とで緩やかな凹凸が形成されるという問題である。また、研磨布が弾性を持つためにポリッシング対象物が沈み込み、外周縁部(エッジ)側が内部より強く研磨される「緑だれ」の現象も発生する。また、研磨布とポリッシング対象物の間に外から砥液を均一に供給することが難しいため、ウエハ外周部と比較しウエハ中央部には砥粒数が少なくなる現象が起き、エッジ側のみが研磨されて全体に皿状に加工される問題もある。さらに、上述のように、高価な砥粒を多量に含む懸濁液(スラリー)を大量に使用するため、環境問題及びコストの負担が大き

【0007】一方で、酸化セリウム(CeO_2)等の砥粒を例えばフェノール樹脂等のバインダを用いて固定した、いわゆる固定砥粒研磨工具(砥石)を用いた半導体ウエハの研磨が研究されている。このような固定砥粒研磨工具による研磨では、研磨工具が従来の化学機械研磨の場合の研磨布と異なり硬質であるため、凹凸の凸部を優先的に研磨し、凹部は研磨され難いため、絶対的な平坦性が得やすいという利点がある。又、固定砥粒研磨工具の組成によっては、凸部の研磨が終了して平坦面となると研磨速度が著しく低下し、研磨が事実上進行しなくなるいわゆるセルフストップ機能が現れ、過剰な研磨をしないですむ利点も有る。又、固定砥粒研磨工具を用いた研磨では砥粒を多量に含む懸濁液(スラリー)を使用しないため、環境問題及びコストの負荷が低減するという利点もある。

【0008】しかしながら、固定砥粒研磨工具を用いた研磨では、以下に述べる問題点がある。すなわち、デバイスを製作する上でCMP後の被研磨面は、高平坦性を実現すると共にスクラッチ(キズ)の発生を防ぐ必要があるが、半導体研磨用固定砥粒研磨工具では前述した研磨布(パッド)より硬い材料を用いるため、被研磨面の高い平坦性が実現できる反面、被研磨面に多くのスクラッチが発生しやすい。

【0009】従って、半導体研磨用固定砥粒研磨工具は、非常に限られた種類のバインダや、砥粒、バインダ、気孔の組成比のバランスが取れた比較的狭い範囲で使用されてきた。しかしながら、研磨の対象であるデバイスウエハは、シリコン基板、ポリシリコン膜、酸化膜、窒化膜、アルミニウム又は銅材かなる配線層等と多岐にわたる素材から構成されたパターンを有している。このため、これらの各種の研磨対象に応じた固定砥粒研磨工具を製作し、研磨速度の安定性、良好な段差特性を得つつ、スクラッチ(キズ)の発生を抑制することは、事実上困難であった。

【0010】本発明は上述した事情に鑑みて為されたもので、研磨速度の安定性、段差特性、被研磨面に発生する欠陥の低減等を各種の研磨対象物に対して同時に達成することができ、かつ環境問題やコストの負荷の小さい研磨方法及び装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、デバイスウエハを研磨する方法において、第一の固定砥粒研磨方式で前記デバイスウエハを研磨する第一研磨工程と、前記第一の固定砥粒研磨方式とは異なる第二の固定砥粒研磨方式で研磨する仕上げ研磨工程とを有することを特徴とする研磨方法である。本発明のデバイスウエハは、従来の技術の第4頁第7行～第13行の

(1)及び(2)で説明したものがあげられる。第一の固定砥粒研磨方式では主に、所定の膜厚を除去し、かつ高平坦性を実現する加工を行い、その後第二の固定砥粒

研磨方式で加工して、さらなる膜厚調整を行い及び/又は高い平坦性を維持したままスクラッチを除去し、高品位の加工を実現する。なお、第一研磨工程、仕上げ研磨工程のそれぞれが1つの工程で構成されることは必ずしも必要ではなく、それぞれ又は一方が単独の装置で複数の工程を探っても、複数の装置で複数の工程を探っても良い。また、それぞれ事前又は事後に付随する工程を設けてもよい。

【0012】本平坦化加工方法は基本的に遊離砥粒スラリーを供給する必要がなく、砥粒を含まない研磨液を供給して研磨すればよい。また、排液処理に伴う環境問題や、砥液等の消耗品に伴うコストの負荷が軽減され、非常に有利である。そして、砥粒は固定砥粒研磨工具の研磨面から直接供給されるため、ウエハの被加工面で均一な砥粒分布が得られ、均一性のより高い、高品位の加工面が生成可能である。同様に、砥粒が長い間スラリー中で滞在することにより起こる砥粒の2次凝集も少ないので、大粒子によるスクラッチが生じない安定した研磨が実現できる。

【0013】従来、スクラッチを除去するための仕上げ研磨を固定砥粒研磨方式で行なうことは、常識的ではないと考えられていた。これは、一般に固定砥粒研磨工具は硬質であり、また砥粒も非固定砥粒研磨方式に比較して硬質なためであると考えられる。加論、表面凹凸の特に凸部を選択的に研磨して全体的な平坦化を目指す第一研磨工程と、平坦化された被研磨面に残る細かいスクラッチを除去するための仕上げ研磨工程では、用いる工具や圧力、速度等の条件は異なる。発明者等は、固定砥粒研磨方式において、化学機械研磨(CMP)における機械研磨の要素の比率を小さくすることにより仕上げ研磨を可能とすべく研究した結果、この発明に至った。

【0014】請求項2に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨方式で用いる第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨方式で用いる第一の固定砥粒研磨工具と異なるものであることを特徴とする請求項1の研磨方法である。第一研磨工程では高平坦性を、仕上げ研磨工程ではスクラッチの除去を主な目的とするため、工具自体として異なる構成にすることが有効である。

【0015】請求項3に記載の発明は、第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より軟質であることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。請求項4に記載の発明は、第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より弾性係数が低いことを特徴とする請求項3に記載の研磨方法である。例えば、第一の固定砥粒研磨工具より十分に弾性係数(平均圧縮弾性係数)の低い固定砥粒研磨工具を第一固定砥粒研磨工具加工の後に使用することにより、前述の固定砥粒研磨工具の加工特性との相乗効果によりスクラッチを除去することができ、高品位の加工が可能である。第一の固定砥粒研磨工具として好適な硬さは、ピッカース硬さが

7
10~70であり、弾性係数は、 500 kg f/cm^2 (4900 N/cm^2) 以上であればよく、 $500\sim50000\text{ kg f/cm}^2$ ($4900\sim490000\text{ N/cm}^2$)、更に好ましくは $1000\sim10000\text{ kg f/cm}^2$ ($9800\sim98000\text{ N/cm}^2$) である。これに対して、第二の固定砥粒研磨工具として好適な硬さは、ショア硬さが5~60、好ましくは15~40であり、又は、弾性係数が、 1000 kg f/cm^2 (9800 N/cm^2) 未満であればよく、好ましくは 700 kg f/cm^2 (6860 N/cm^2) 未満、さらに好ましくは $100\sim600\text{ kg f/cm}^2$ ($980\sim5880\text{ N/cm}^2$) である。特に、第二の工具としての固定砥粒研磨工具は発泡構造を有している場合が好適であり、バインダーには発泡樹脂材料を使用することが望ましい。

【0016】上記の弾性係数の数値は、範囲が重複するが、それは、第一及び第二の固定砥粒研磨工具に求められる硬さが研磨対象である膜の性質、特に硬さとの関係で異なるからである。一般に、酸化膜を研磨する場合は硬質の固定砥粒研磨工具が、銅を研磨する場合は軟質の固定砥粒研磨工具が用いられる。要は、第二の固定砥粒研磨工具として第一の固定砥粒研磨工具よりも軟らかいもの(弾性係数の低いもの)を用いられたい。

【0017】請求項5に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より低硬度の砥粒で構成されていることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。一般に軟質な砥粒は、硬質な砥粒と比較し、スクラッチを発生しないことが知られている。そのため、軟質な砥粒で形成された第二の固定砥粒研磨工具で微量の研磨を行うことにより硬質な砥粒で発生したスクラッチを除去可能であり、高品位の被研磨面を生成できる。

【0018】請求項6に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より砥粒の自生作用が大きいかを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。自生作用の大きい固定砥粒研磨工具を使用すれば、固定砥粒研磨工具の作用面に絶えず活性の高い砥粒が露出し、そのため、安定した加工が可能である。即ち、研磨に寄与する砥粒数が多く、加工に対し有効な砥粒が加工面均一に分布できるため、砥粒一つ当たりの加工力が分散低減可能である。そのため、砥粒の過度な加工が抑制され、スクラッチの少ない高品位の加工が可能である。この場合、粒度分布がシャープであること、つまり、粒径にばらつきが少ないほどスクラッチの低減に効果がある。また、自生する砥粒の量が多いので、外部よりスラリーを供給することなく、加工時間短縮が可能となる。さらに、一般に固定砥粒研磨工具は使用する砥粒が微細であればあるほど、自生作用が弱いといった特性があり、鏡面化加工に有利な微細砥粒が使用できなかった。しかし、本方式を取ることでより鏡面化加

工が可能となる特徴を有する。

【0019】請求項7に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より空孔率が高いことを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。一般に固定砥粒研磨工具は研磨するための砥粒、研磨に有効な又は必要な研磨助剤、それらを固定するための結合力、及び気孔から構成されている。それらの構成要素の内、空孔の割合を増やすことにより、砥粒の結合度合いを低減し自生しやすい固定砥粒研磨工具を実現可能である。よって、第一の固定砥粒研磨工具より空孔率の高い固定砥粒研磨工具は前記自生作用が大きく、前述した自生作用の大きい固定砥粒研磨工具と同様にして鏡面化加工可能である。

【0020】請求項8に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具よりバインダーの比率が低いことを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。一般に固定砥粒研磨工具は研磨するための砥粒、研磨に有効な又は必要な研磨助剤、それらを固定するための結合力(バインダー)、及び気孔から構成されている。それらの構成要素の内、結合力の割合を減らすことにより、砥粒の結合度合いを低減し自生の大きい固定砥粒研磨工具を実現可能である。よって、第一の固定砥粒研磨工具よりバインダーの比率が低い固定砥粒研磨工具は前記自生作用が大きく、前述した自生作用の大きい固定砥粒研磨工具と同様にして鏡面化加工可能である。

【0021】請求項9に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、水溶性のバインダーを含有していることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。結合力に水溶性バインダーを含有することにより、研磨中には固定砥粒研磨工具に含有された水溶性バインダーが、供給された純水又は薬液又はスラリーに溶けだす。そのため、砥粒の結合度合いを低減でき、自生する砥粒の量を増加することが可能である。この固定砥粒研磨工具を使用すれば、外部よりスラリーを供給することなく、固定砥粒研磨工具による研磨より、遊離砥粒による研磨の割合をより支配的にする事が可能となり、第一の固定砥粒研磨工具により生成された高い平坦性を維持したまま、スクラッチの無い被研磨面を生成できる。また、水溶性バインダーが溶出した後の固定砥粒研磨工具作用面には空孔が形成されることになり、研磨阻害要因である異物をトラップし、スクラッチを発生しにくくなる特徴を有する。

【0022】請求項10に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、前記第一の固定砥粒研磨工具より粒径の小さい砥粒を含有していることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。微細な砥粒を使用した固定砥粒研磨工具は、スクラッチの低減に効果があることが分かっている。これは、大きな砥粒による加工では、加工面に対し、深く進入しながら加工が進行すると考えられる。また、固定砥粒研磨工具の組成比が共通の場合、

含有砥粒数は微細砥粒であればあるほど単位体積当たりの砥粒数が多く、加工に対し有効な砥粒が加工面に均一に分布できるので、砥粒一つ当たりの加工力が分散低減可能である。そのため、砥粒の過剰な加工が抑制され、スクラッチの少ない高品位の加工が可能である。さらに、砥粒径が小さいことで、砥粒の質量に対する比表面積が大きくなり、表面活性が高くなる。従って、ウエハとの化学作用による研磨が促進され、仕上げ面精度が向上する。この場合、粒径分布がシャープであること、つまり、粒径にばらつきが少ないほどスクラッチの低減に効果がある。

【0023】請求項1に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、バインダ中に弾性体微粒子を含有していることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。固定砥粒研磨工具内に弾性体微粒子を配することにより、砥粒の被加工面への加工力が低減されるため、ミクロ的なスクラッチの無い高品位の加工面が生成される。

【0024】請求項12に記載の発明は、前記第二の固定砥粒研磨工具は、上層の硬質工具層と、下層の弾性体層とを積層して構成されていることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法である。下層に弾性体を配した固定砥粒研磨工具を使用すれば、固定砥粒研磨工具がウエハ加工面に対し追従し、固定砥粒研磨工具が作用面全面でウエハに接触するため、加工圧力が均一化され、スクラッチの無い被研磨面を生成できる。

【0025】請求項13に記載の発明は、第一研磨工程と仕上げ研磨工程を互いに異なる研磨条件で行なうことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。第一の加工条件は高い平坦性の実現可能な条件で研磨し、第二の条件では、加工圧力を低減すること、相対速度を上げること、供給液量を増加させること、充分な液を供給すること、又は薬液を供給すること等の工夫により、スクラッチの発生しない加工条件で研磨する。これにより、高い平坦性が得られ、且つスクラッチの無い被研磨面を生成できる。

【0026】例えば、仕上げ研磨工程において、研磨初期から又は研磨途中から、第一研磨工程における場合よりも低い加工圧力を付加する、及び／又は、ウエハと固定砥粒研磨工具の相対速度を高くする、及び／又は研磨液の供給量を増加させる。加工圧力を低減すること、又は相対速度を上げることによって撹動部の流体力を発生させて、研磨工具とウエハの直接接触部分を減らし、これによって単位砥粒の被加工面に働く加工力をソフトにでき、スクラッチの無い研磨を実現できる。また、加工によって発生した加工効果のない砥粒クズや結合剤クズ、加工クズは充分量の液供給により液内に分散しやすく、凝集しにくいため、さらに、供給した充分な液量のために速やかに加工部から排出されるため、スクラッチを発生しにくい特徴を有する。

【0027】請求項14に記載の発明は、前記仕上げ研磨工程において、前記第一の研磨工程とは異なる研磨液を供給することの特徴とする請求項12に記載の研磨方法である。第一の固定砥粒研磨工具により、ウエハの液体の存在下で高平坦化加工を行った後、スクラッチを低減するため、純水を供給してもよい。その場合は、砥粒自身のケミカル作用のみでなく、純水に含まれるOH基による加工面の水と水素化合物が付加されることにより、第一の固定砥粒研磨工具により生成された高い平坦性を維持したまま、微量の研磨を行ってスクラッチの無い被研磨面を生成できる。

【0028】また、仕上げ研磨工程で薬液を供給する場合は、水と反応のみならず、多岐に渡り、有用なケミカル反応を付加可能である。特に固定砥粒研磨工具とウエハ間の液膜の粘度を高める薬剤を供給することで、砥粒を柔らかく作用させ、スクラッチを低減できる。また、砥粒を含有したスラリーを供給した場合は、研磨速度を高められる効果があり、加工時間を短縮できる。供給する薬液の例として、シリコン、ポリシリコンを研磨する場合、加工促進剤として有機アミン、加工性能安定化剤としてpH緩衝効果を有する無機塩、鏡面性向上剤として界面活性剤等の有機高分子、加工後の洗浄性向上剤としてIPA（イソプロピルアルコール）などがある。

【0029】請求項15に記載の発明は、前記第一研磨工程及び／又は仕上げ研磨工程において、研磨と並行してドレッシングを行うことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。第一の固定砥粒研磨工具で高平坦化加工を実現した後の固定砥粒研磨工具による加工では、ウエハの被加工面に凹凸が形成されていないため、固定砥粒研磨工具の作用面に対するドレッシング効果がなく、砥粒の自生作用が低下することが知られている。そのため、インサイチュドレス（研磨と並行してドレッシング）を行うことにより強制的に固定砥粒研磨工具の研磨作用面を活性化でき、あたかも自生作用が活発なように固定砥粒研磨工具作用面に未使用の砥粒が露出可能になる。これにより第一の固定砥粒研磨工具により生成された高い平坦性を維持したまま、かつ安定した研磨性能を継続したまま微量の研磨を行うことが可能となり、目的とする研磨量まで加工し、スクラッチの無い被研磨面を生成できる。

【0030】さらに、ドレッシングすることにより、砥粒は速やかに遊離し、多くの砥粒が被研磨面に作用することになる。つまり、被加工面単位面積当たりの実質有効砥粒数が十分に供給され、このとき、砥粒1つ当たりの押付力が低下し、被研磨面に柔らかく作用する。使用する砥粒が微細である場合には、上記加工の際に、供給する研磨液内に分散しやすくするため、界面活性剤などの分散剤を研磨液に配合することが好ましい。

【0031】請求項16に記載の発明は、前記第一研磨工程と前記仕上げ研磨工程の間に前記ウエハを洗浄する

ことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。第一の研磨工程で平坦化するプロセスで生じた砥粒クズ、バインダークズ、添加剤クズや使用した薬液、反応後の薬液が加工後のウエハに残存する場合があり、そのまま次工程の仕上げ工程を行うと、仕上げ工程を阻害することがある。そのため、仕上げ工程の前に前記ウエハを洗浄することでこれを未然に防ぐことができ、ひいては仕上げ工程により、高品位にウエハを加工することができる。

【0032】請求項17に記載の発明は、第一研磨工程と仕上げ研磨工程を、同一の固定砥粒研磨工具を使用し、互いに異なる研磨条件で行なうことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。使用する同一の固定砥粒研磨工具は、仕上げ工程に必要な微細砥粒で構成された硬質固定砥粒研磨工具であり、仕上げ研磨工程の研磨条件は、第一の研磨工程の研磨条件と比較し、加圧圧力を低くすること、相対速度を上げること、供給液量を増加させること、充分な液を供給すること、又は薬液を供給すること等の工夫により、スクラッチの発生しない加工条件で研磨すること、高い平坦性が得られ、且つスクラッチの無い被研磨面を生成できる。

【0033】請求項18に記載の発明は、第一研磨工程と仕上げ研磨工程を、同一の固定砥粒研磨工具を使用し、互いに異なる研磨液を供給して行なうことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。使用する同一の固定砥粒研磨工具は、仕上げ工程に必要な微細砥粒で構成された硬質固定砥粒研磨工具である。固定砥粒研磨工具により、水以外の液体の存在下で高平坦化加工を行った後、スクラッチを低減するため、純水を供給してもよい。その場合は、砥粒自身のケミカル作用のみでなく、純水に含まれるOH基による加工面の水酸化反応が付加されることにより、固定砥粒研磨工具により生成された高い平坦性を維持したまま、微量の研磨を行ってスクラッチの無い被研磨面を生成できる。

【0034】また、仕上げ研磨工程で薬液を供給する場合は、水和反応のみならず、有用なケミカル反応を多岐に渡り付加可能であり、特に固定砥粒研磨工具とウエハ間の液膜の粘度を高める薬剤を供給することで、砥粒を柔らかく作用させ、スクラッチを低減できる。また、砥粒を含有したスラリーを供給した場合は、研磨速度を高められる効果があり、加工時間を短縮できる。供給する薬液の例として、シリコン、ポリシリコンを研磨する場合、加工促進剤として有機アミン、加工性能安定化剤としてpH緩衝効果を有する無機塩、鏡面性向上剤として界面活性剤等の有機高分子、加工後の洗浄性向上剤としてIPA（イソプロピルアルコール）などがある。

【0035】請求項19に記載の発明は、第一研磨工程と仕上げ研磨工程を、同一の固定砥粒研磨工具を使用し、研磨と並行してドレッシングを行なうことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。使用する同

一の固定砥粒研磨工具は、仕上げ工程に必要な微細砥粒で構成された硬質固定砥粒研磨工具である。第一の研磨条件で高平坦化加工を実現した後の固定砥粒研磨工具による加工では、ウエハの被加工面に凹凸が形成されていないため、固定砥粒研磨工具の作用面に対するドレッシング効果がなく、砥粒の自生作用が低下することが知られている。そのため、インサイチュドレッシングを行うことにより強制的に固定砥粒研磨工具の研磨作用面を活性化でき、あたかも自生作用が活発なように固定砥粒研磨工具作用面に未使用の砥粒が露出可能になる。これにより第一の研磨条件により生成された高い平坦性を維持したまま、かつ安定した研磨性能を継続したまま微量の研磨を行うことが可能となり、目的とする研磨量まで加工し、スクラッチの無い被研磨面を生成できる。

【0036】さらに、ドレッシングすることにより砥粒は速やかに避難し、多くの砥粒が被研磨面に作用することになる。つまり、被加工面単位面積当たりの実質有効砥粒数が十分に供給され、このとき、砥粒1つ当たりの押付力が低下し、被研磨面に柔らかく作用する。使用する砥粒が微細である場合には、上記加工の際に、供給する研磨液内に分散しやすくなるため、界面活性剤などの分散剤を研磨液に配合することが好ましい。

【0037】請求項20に記載の発明は、第一研磨工程と仕上げ研磨工程を同一の固定砥粒研磨工具を使用して行い、前記第一研磨工程と前記仕上げ研磨工程の間に前記ウエハを洗浄することを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。使用する同一の固定砥粒研磨工具は、仕上げ工程に必要な微細砥粒で構成された硬質固定砥粒研磨工具である。第一の研磨条件で平坦化するプロセスで生じた砥粒クズ、バインダークズ、添加剤クズや使用した薬液、反応後の薬液が加工後のウエハに残存する場合があり、そのまま仕上げ工程を行うと、仕上げ加工を阻害することがある。そのため、仕上げ工程の前に前記ウエハを洗浄することでこれを未然に防ぐことができ、ひいては仕上げ工程により、高品位にウエハを加工することができる。

【0038】請求項21に記載の発明は、第一研磨工程と仕上げ研磨工程を同一の固定砥粒研磨工具を使用して行い、前記第一研磨工程と前記仕上げ研磨工程の間に前記研磨工具を洗浄する又はドレッシングすることを特徴とする請求項1に記載の研磨方法である。同一の固定砥粒研磨工具を、主研磨工程と仕上げ研磨工程を互いに異なる研磨条件で連続して使用する場合、主研磨工程で使用する研磨液や研磨カス等が残り、そのまま仕上げ工程を行うと、仕上げ加工を阻害することがある。そのため、仕上げ研磨工程を行なう前に固定砥粒研磨工具の研磨作用面に対して洗浄を行い、研磨作用面上に残留した砥粒クズ、バインダークズや供給した添加剤（薬液）、反応物質等を除去した後、仕上げ工程を行うことにより、研磨工程の履歴に影響されずに仕上げ研磨工程を行

なうことができ、高品位の加工が可能となる。また、洗浄工程は、ドレッシング液や純水による流水洗浄や、ウォータージェット、超音波を付加しながら供給する純水やドレッシング液による水洗、ブラシやロー、ダイヤモンドドレッシングなどのドレッシングツールによるドレッシング等、強制的な洗浄方法などの物理的洗浄の他に、薬液による洗浄や、紫外線などのエネルギービームによる洗浄（浄化）等も効果がある。

【0039】請求項2に記載の発明は、デバイスウエハを研磨する方法において、前記デバイスウエハを主に機械的研磨の効果で研磨する第一研磨工程と、前記デバイスウエハを主に化学的研磨の効果で研磨する第二の研磨工程で研磨する仕上げ工程とを有することを特徴とする研磨方法である。

【0040】デバイスウエハを主に機械的研磨の効果で研磨する第一の研磨工程では、硬質な固定砥粒研磨工具等により凸部を優先的に研磨することで、高平坦性を実現できる。また、さらに、主に化学的研磨の効果で研磨することで、第一の研磨工程で発生したスクラッチを除去し、高品位の加工面を実現できる。例えば、第一の研磨工程と、仕上げ研磨工程で同一研磨工具を用いる場合、薬液種類や濃度を変えることでケミカル作用を付加する、研磨途中にインサイチュドレッシングを行なうことで反応活性な粒子を増加させる、また、研磨途中に加工圧を低くし、機械的作用を抑えるなどにより実現可能である。

【0041】さらに、第一の研磨工程と第二の研磨工程で異なる研磨工具を使用する場合には、前述した薬液種類や濃度、インサイチュドレッシングの他に、固定砥粒自身に薬剤を含有することで、第一の固定砥粒研磨工具に使用した砥粒径より小さな砥粒を使用した第二の固定砥粒研磨工具により研磨するなどにより、実現可能である。粒径の小さな砥粒は、体積あたりの表面積が大きく、非常に表面の活性が高い。そのため、先に説明した機械的研磨効果の低減だけでなく、ケミカル作用が強くなり、高品位の加工が可能となる。

【0042】請求項23に記載の発明は、第一の固定砥粒研磨工具を有する主研磨ユニットと、前記第一の固定砥粒研磨工具とは異なる第二の固定砥粒研磨工具を有する仕上げ研磨ユニットとを有することを特徴とする研磨装置である。例えば、第二の固定砥粒研磨工具を、第一の固定砥粒研磨工具より弾性係数が小さくなるように、すなわち、軟質に設定する。これにより、前述の固定砥粒研磨工具の加工特性との相乗効果により第一の研磨工程で発生したスクラッチを除去でき、高品位の加工が可能である。

【0043】請求項24に記載の発明は、仕上げ研磨ユニットのウエハ保持具には、ウエハの周周に、第二の固定砥粒研磨工具面と接触するウエハ保持リングが設けられていることを特徴とする請求項23に記載の研磨装置

である。弾性係数の高い固定砥粒研磨工具はその剛性のため、固定砥粒研磨工具の研磨作用面の変形がなく、ウエハエッジ部を含むウエハ全面を平坦に加工する特徴を持つ。そのため、ウエハガイドリングはパッド接触型ガイドリングの形態をとる必要が無い。これに対し、仕上げ研磨工程に使用する固定砥粒研磨工具は弾性係数の低い固定砥粒研磨工具を用いる場合には、平面補正用などというガイドリングを用いて、ウエハエッジ部の研磨速度の増大を防止することができる。

【0044】請求項25に記載の発明は、前記第一又は第二の固定砥粒研磨工具は、自転テーブル型、並進テーブル型又はカップ型の固定砥粒研磨工具であることを特徴とする請求項23に記載の研磨装置である。固定砥粒研磨工具を使用すると、表面に凹凸が形成されたデバイス表面の凸部のみが加工されるため、ウエハ被研磨面上において固定砥粒研磨工具と相対速度を一定に保つ必要がなく、様々な装置形態をとることが可能となる。並進テーブル型研磨工具の一例として、第二の固定砥粒研磨工具にスクロール運動を利用した加工装置を採用することにより装置全体が小型化でき、クリーンルーム製造コスト、維持の面で有利である。

【0045】請求項26に記載の発明は、デバイスウエハを研磨する方法において、第一の研磨工程で前記デバイスウエハを研磨する第一研磨工程と、固定砥粒研磨工具で研磨して膜厚調整及び/又は前記デバイスウエハ上に残留するスクラッチを除去する仕上げ研磨工程とを有することを特徴とする研磨方法である。従来、スクラッチを除去するための仕上げ研磨を固定砥粒研磨工具で行なうことは、有利ではないと考えられていた。これは、一般に固定砥粒研磨工具は硬質であり、また砥粒も非固定砥粒研磨方式に比較して大きいためであると考えられる。

【0046】本発明の研磨方法は、主研磨工程を従来パッドによるCMP加工で行っても、次の仕上げ工程で固定砥粒研磨工具による加工を行なうことで、目的とするスクラッチの無い高品位の加工を行なうことができる。加工方法の例を挙げると、従来パッドによる第一のCMP加工の後、又は、さらなる従来パッドでの研磨を行った後、最後の仕上げ工程を仕上げ用固定砥粒研磨工具で行なう方法がある。また、他の例として、従来パッドによる第一のCMP加工の後、硬質な固定砥粒研磨工具による第二の加工を行い、さらに仕上げ研磨工程を固定砥粒研磨工具を用いて行う方法がある。固定砥粒研磨を行なう前にパッドで遊離砥粒を用いて研磨することにより、大まかな平坦化ができる。この状態で次の工程の固定砥粒による平坦化及び/又は仕上げ研磨を行なうと、研磨量や研磨圧力を高くする必要が無いので、固定砥粒研磨によってスクラッチを発生させずに研磨することができる。

【0047】さらに他の例として、固定砥粒研磨工具に

よる第一のCMP加工の後、従来パッドによる第二の加工を行い、さらに仕上げ研磨工程を固定砥粒研磨工具を用いて行う方法がある。この場合は、第一の研磨工程では高平坦化を実現しつつ、発生した鋭利なスクラッチ（端が小さな曲率を有するスクラッチ）をパッドによる第二の研磨工程で最後の仕上げ工程で除去しやすい形状（端が大きな曲率を有するスクラッチ）に加工することで、最後の固定砥粒による研磨工程で平坦化及びスクラッチ除去をすることができ、高品位の加工が可能となる。

【0048】発明者等は、固定砥粒研磨が、非固定砥粒研磨に比較して、化学機械研磨（CMP）における機械研磨の要素が大きいに着目し、固定砥粒研磨においても化学研磨の要素の比率を大きくすることにより仕上げ研磨を可能とすべく研究した結果、この発明に至った。そのための大きな要因として、工具自体の硬さが挙げられ、これが軟質であること、後述するようにスクラッチの発生を抑制できることが分かった。仕上げ研磨工程用の固定砥粒研磨工具として好適な硬さは、ショア硬さが5〜60、好ましくは15〜40であり、又は、弾性係数が、 1000 kgf/cm^2 （ 9800 N/cm^2 ）未満であればよく、好ましくは 700 kgf/cm^2 （ 6860 N/cm^2 ）未満、さらに好ましくは $100\sim600\text{ kgf/cm}^2$ （ $980\sim5880\text{ N/cm}^2$ ）である。特に、仕上げ工具としての固定砥粒研磨工具は発泡構造を有している場合が好適であり、バインダーには発泡樹脂材料を使用することが望ましい。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照しながら、説明する。

（1）全体装置構成

図1及び図2は、本発明のポリッシング装置の第一の実施の形態を説明する図であり、図1は平面図、図2は斜視図である。この装置は、全体が長方形をなす床の上のスペースの一端側に第一及び第二の研磨ユニット1a、1bが左右に対向して配置され、他端部にそれぞれ半導体ウエハ収納用カセット2a、2bを載置する一対のロード・アンロードユニットが配置されている。そして、研磨ユニットとロード・アンロードユニットを結ぶ搬送ライン上に搬送ロボット4a、4bが2台配置されている。搬送ラインの両側に、それぞれ1台の反転機5、6とこれの両隣の2台の洗浄機7a、7b、8a、8bが配置されている。

【0050】第一及び第二の研磨ユニット1a、1bは、それぞれ、上面に研磨工具が取り付けられたターンテーブル9と、半導体ウエハを真空吸着により保持してターンテーブル面に押し付けるトップリング機構10と、固定砥粒研磨工具の目立てを行うドリッパ機構11とを備えている。各研磨ユニットにおいて、ターンテーブル、トップリング機構及びドリッパ機構は、基本的

に同一の仕様の装置が搬送ラインに対称に配置されている。

【0051】図3は、研磨ユニット1a又は1bの詳細を示す断面図である。図3に示すように、トップリング機構10は、ターンテーブル9の上方に位置し、半導体ウエハ20を保持しつつターンテーブル9に押しつけるトップリング13を具備している。前記ターンテーブル9はモータ（図示せず）に連結されており、矢印Aで示すようにその軸9aの軸心回りに回転可能になっている。各研磨ユニットの、それぞれのターンテーブル9の上面には、後述するように、それぞれ異なる固定砥粒研磨工具が取り付けられている。

【0052】トップリング13は、モータおよび昇降シリンダ（図示せず）に連結されている。これによって、トップリング13は矢印B、Cで示すように昇降可能かつその軸心回りに回転可能になっており、半導体ウエハ20を固定砥粒研磨工具14a（14b）の研磨面に対して任意の圧力で押圧することができるようになっている。また半導体ウエハ20はトップリング13の下端面に真空等によって吸着されるようになっている。なお、トップリング13の下部外周部には、半導体ウエハ20の外れ止めを行うガイドリング16が設けられている。

【0053】また、ターンテーブル9の上方には研磨液供給ノズル15が設置されており、研磨液供給ノズル15によってターンテーブル9に張り付けられた固定砥粒研磨工具14a（14b）上に研磨液が供給されるようになっている。またターンテーブル9の周囲には、排液を回収する枠体17が設けられ、枠体17の下部にはと

き17aが形成されている。

【0054】ドリッパ機構11はドリッパ部材18を有している。ドリッパ部材18は、固定砥粒研磨工具14a（14b）上のトップリング13の位置の反対側にあり、固定砥粒研磨工具14a（14b）の研磨面のドリッシングを行なうことができるように構成されている。固定砥粒研磨工具14a（14b）には、ドリッシングに使用するドリッシング液、たとえば水がテーブル上に伸びたドリッシング液供給ノズル21から供給されるようになっている。ドリッシング部材18は昇降用のシリンダと回転用のモータに連結されており、矢印D、Eで示すように昇降可能かつその軸心回りに回転可能になっている。

【0055】ドリッシング部材18はトップリング13とはほぼ同径の円盤状であり、その下面にドリッシングツール19を保持している。ドリッシング部材18の下面、即ちドリッシングツール19を保持する保持面には図示しない孔が形成され、この孔は真空源に連通し、ドリッシングツール19を吸着保持する構造でもある。研磨液供給ノズル15およびドリッシング液供給ノズル21はターンテーブル9上面の回転中心付近にまで伸び、固

定砥粒研磨工具14a(14b)上の所定位置に研磨液および水をそれぞれ供給する。

【0056】図1に示すように、研磨ユニット1a、1bは、それぞれの搬送ライン側に、半導体ウエハをトップリング13との間で授受するブッシャ12を備えている。トップリング13は水平面内で旋回可能とされ、ブッシャ12は上下動可能となっている。

【0057】洗浄機の形式は任意であるが、例えば、研磨ユニット側がスポンジ付きのローラで半導体ウエハ表裏両面を拭う形式の洗浄機7a、7bであり、カセット側が半導体ウエハのエッジを把持して水平面内で回転させながら洗浄液を供給する形式の洗浄機8a、8bである。後者は、遠心脱水して乾燥させる乾燥機としての機能をもつ。洗浄機7a、7bにおいて、半導体ウエハの1次洗浄を行うことができ、洗浄機8a、8bにおいて1次洗浄後の半導体ウエハの2次洗浄を行うことができるようになっている。

【0058】ロボット4a、4bは、水平面内で屈折自在に関節アームが設けられているもので、それぞれ上下に2つの把持部を、ドライフィンガー・ウエットフィンガーとして使い分ける形式となっている。この実施の形態ではロボットを2基使用しているので、基本的に、第一ロボット4aは、反転機5、6よりカセット側の領域を、第二ロボット4bは反転機5、6より研磨ユニット側の領域を受け持つ。この例では、ロボット4a、4bは据え置きタイプであるが、例えばレーラ上を走行する形式でもよい。

【0059】反転機5、6は、この実施の形態では、カセットの収納方式やロボットの把持機構との関係が必要であるが、常に半導体ウエハの被研磨面が下向き状態で移送されるような場合には必要ではない。また、ロボットに反転機能を持たせてもよい。この実施の形態では、2つの反転機5、6をドライな半導体ウエハを扱うものと、ウエットな半導体ウエハを扱うものと使い分けている。

【0060】このような装置における半導体ウエハの流れは、図4に示すように、カセット2a→反転機5→第一研磨ユニット1a→洗浄機7a→第二研磨ユニット1b→洗浄機7b→反転機6→洗浄機8b→カセット2aとなる。ロボット4a、4bは、それぞれ、ドライな半導体ウエハを扱う時はドライフィンガーを用い、濡れた半導体ウエハを扱う時はウエットフィンガーを用いる。ブッシャ12は、ロボット4bから半導体ウエハを受け、トップリング13が上方にきた時に上昇して半導体ウエハを渡す。研磨後の半導体ウエハは、ブッシャ12の位置に設けられたリンス液供給装置によってリンス洗浄される。

【0061】このようなポリッシング装置では、ブッシャ12及び洗浄機7aで半導体ウエハがトップリング13と切り離された状態で洗浄されるので、半導体ウエハ

の被研磨面だけでなく裏面や側面に付着する第一次研磨用の研磨液等を完全に除去することができる。第二次の研磨を受けた後は、洗浄機7b及び洗浄機8bで洗浄され、スピン乾燥されてカセット2aへ戻される。このようなシリーズ処理においては、第一研磨ユニット1aにおける研磨条件と第二研磨ユニット1bにおける研磨条件は異なっている。

【0062】各研磨ユニットにおいては、トップリング13に保持された半導体ウエハ20を第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14b上に押圧し、ターンテーブル9およびトップリング13を回転させることにより、半導体ウエハ20の下面(被研磨面)が第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14bと擦り合わせられる。この時、同時に第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14b上に研磨液供給ノズル15から研磨液を供給することにより、半導体ウエハ20の被研磨面は、固定砥粒研磨工具中の砥粒の機械的研磨作用と砥粒及び研磨液の化学的研磨作用との複合作用によってポリッシングされる。ポリッシングに使用された研磨液はターンテーブル9の遠心力によってターンテーブル外へ飛散し、枠体17の下部のとい17aで回収される。

(2) 着脱式研磨工具

【0063】図5は、着脱式の第一の固定砥粒研磨工具14aをターンテーブル9の定盤9bに固定するための構造を示す。第一の固定砥粒研磨工具は硬いため、衝撃によって割れたり破損したりする可能性が有る。そこで、固定砥粒研磨工具14aはアルミニウム系材料等からなる金属円盤26に接着剤等により固定され、着脱式の研磨工具カートリッジ27aを構成するようにしている。定盤9bにはクランプ機構28aを備え、このクランプ機構28の可動部29が研磨工具カートリッジ27aの外周部を固定するようになっている。従って、可動部29を開いた状態にして研磨工具カートリッジ27aを定盤9b上に載せ、可動部29を閉じることにより、可動部29のばね機構により研磨工具カートリッジ27aを定盤9bに固定できる。又、可動部29が閉じた位置から可動部29を開いた位置に回転することにより、研磨工具カートリッジ27aを定盤9bから取り外すことができる。

【0064】図6は、研磨工具カートリッジ27aを定盤9bに固定する他の固定方法を示す。固定砥粒研磨工具14aはアルミ材等からなるつば付きの金属円盤26に貼着により固定され、研磨工具カートリッジ27aを構成している。研磨工具カートリッジ27aはそのつば部27Aが回転定盤9bにクランプ32をボルト33により定盤9bに設けられたネジ孔に締結することにより固定される。クランプ32は、図示するように比較的幅広い円弧状の構造のものを用い、円弧の両端部の中心に対してなす角度は、44°に設定して、2個のボルト33を用いて研磨工具カートリッジ27aのつば部27A

を回転定盤 9b の表面に挟み込むことで固定する。従って、研磨工具カートリッジ 27a の回転定盤 9b への脱着は、ボルト 37 の脱着により容易に行うことができる。尚、このように比較的幅広いクランプ 32 を用いるのは、そのクランプ 32 により研磨工具カートリッジ 27a の外周部を回転定盤 9b に固定することで、固定砥粒研磨工具の研磨面に押しつけによる振りが出ないようにするためである。

【0065】又、研磨工具カートリッジ 27a を構成する金属円盤 26 のつば部 27A の外周部に突起部が合計 4 カ所配設されている。そして各突起部にはネジ孔 36 が設けられており、吊りボルト又は押しボルト 37 が締結できるようになっている。ボルト 37 は、研磨工具カートリッジ 27a の交換等に際して、研磨工具カートリッジ 27a がかなりの重量を有するため、そのハンドリングを容易にするために設けたものである。又、ネジ孔は、定盤 9b に密着している研磨工具カートリッジ 27a を剥がすために、ボルト 37 を挿入するためのものでもある。即ち、研磨工具カートリッジ 27a を密着した回転定盤 9b から剥がすに際して、ボルト 37 をネジ孔に挿入して回転することにより、ボルト 37 の先端が回転定盤 9b の表面に当接し、更に回転することにより、研磨工具カートリッジ 27a を回転定盤 9b から剥がすことができる。尚、回転定盤 9b のネジ孔に対する位置に溝が形成されている。溝は吊りボルト又は押しボルト 37 の先端を受け入れる役割を果たす。

【0066】尚、この実施例ではクランプ 32 を 4 個、突起部を 4 個それぞれ配設しているが、押し付け加重等の使用条件を考慮して、クランプ 32 をリング状に構成して研磨工具カートリッジ 27a の全周を固定するようにしても良い。又、突起部の数も、研磨工具カートリッジ 27a の重量や定盤 9b との密着力を考慮して適宜配設数を増減しても良い。尚、固定砥粒研磨工具を貼着する金属円盤 26 の材料としては、アルミ材以外にも耐食性を考慮し例えばステンレス材やチタン等を用いても良い、又樹脂等を用いても良い。また、カートリッジ 27a の固定方式としては、定盤 9b の内部から真空吸着する真空吸引方式、電磁石、永久磁石による吸引方式、ピンによる固定方式等が考えられる。

【0067】一次研磨用の固定砥粒工具は、硬質なため破損する可能性があるため、上述のようにカートリッジタイプにして取換るのが適している。一方、仕上げ研磨装置における第二の固定砥粒研磨工具 14b は、第一の固定砥粒研磨工具 14a に比べてある程度の弾性が有るので、通常の研削パッドのように扱うことができる。つまり、従来の研削クロス用の研削テーブルをそのまま使うことができ、ターンテーブルの定盤 9b に接着剤で貼着する。もしくは、金属定盤 26 の上面に貼りつけてもよい。もちろん、図 5 及び図 6 にカッコ書きで示すように、第二の固定砥粒研磨工具 14b が第一の固定砥粒研

磨工具 14a と同じように研磨工具カートリッジ 27b を構成するようにして、交換作業の便宜と作業時間の短縮を図るようにしてもよい。

【0068】第一研磨工程用のトップリングは、図 2 に示す従来の形式と同じである。ガイドリング（ウエハ保持リング）はウエハのスレ移動を防止するものなので、ガイドリングは上下動する必要があるが、トップリングの下面から、ウエハ厚より短い長さだけ突出していればよく、ガイドリングの下端と固定砥粒研磨工具の表面の間には隙間が有る。もし、研磨工具が軟質なものであると、トップリングから加えられる押付力によってウエハが沈み込み、エッジの部分が丸みを帯びてしまう、いわゆる「緑だれ」の現象が起きるが、第一の固定砥粒研磨工具は硬質であるので、そのおそれはなく、図 2 又は図 3 に示すタイプで充分である。

（3）仕上げ研磨用トップリング

【0069】図 7 は、仕上げ研磨用研磨ユニット 1b におけるトップリング 13 の構成を示すものである。ここでは、トップリング 13 の外周部に、第二の固定砥粒研磨工具 14b を押圧して研磨時のウエハ外周部の追削研磨（緑だれ）を防止する押圧リング 43 が配置されている。トップリング 13 はボール 47 を介してトップリングシャフト 48 に接続されており、このトップリングシャフト 48 はトップリングヘッド 49 に固定されたトップリング用エアシリンダ 50 に連結されており、このトップリング用エアシリンダ 50 によってトップリングシャフト 48 は上下動し、トップリング 13 の下端面に保持された半導体ウエハ 20 をターンテーブル 9 に押圧するようになっている。なお、42 はトップリング下面とウエハ 20 の間の緩衝作用を行なう弾性マットである。

【0070】また、トップリングシャフト 48 はキー（図示せず）を介して回転筒 51 に連結されており、この回転筒 51 はその外周部にタイミングプーリー 52 を有している。そして、タイミングプーリー 52 は、タイミングベルト 53 を介して、トップリングヘッド 49 に固定されたトップリング用モータ 54 に設けられたタイミングプーリー 55 に接続されている。したがって、トップリング用モータ 54 を回転駆動することによってタイミングプーリー 55、タイミングベルト 53 およびタイミングプーリー 52 を介して回転筒 51 及びトップリングシャフト 48 が一体に回転し、トップリング 13 が回転する。トップリングヘッド 49 は、フレーム（図示せず）に固定支持されたトップリングヘッドシャフト 56 によって支持されている。

【0071】押圧リング 43 はキー 58 を介してトップリング 13 に連結されており、押圧リング 43 はトップリング 13 に対して上下動自在であるとともにトップリング 13 と一体に回転可能になっている。そして、押圧リング 43 は、タイミング 59 を保持したベアリング 60 およびシャフト 61 を介して押圧リング用エアシ

ンダ 62 に連結されている。押圧リング用エアシリンダ 62 はトップリングヘッド 49 に固定されている。押圧リング用エアシリンダ 62 は円周上に複数個（本実施例では 3 個）配設されている。

【0072】トップリング用エアシリンダ 50 及び押圧リング用エアシリンダ 62 は、それぞれレギュレータ R1、R2 を介して圧縮空気源 64 に接続されている。そして、レギュレータ R1 によってトップリング用エアシリンダ 50 へ供給する空気圧を調整することによりトップリング 13 が半導体ウエハ 20 を第二の固定砥粒研磨工具 14b に押圧する圧力を調整することができ、レギュレータ R2 によって押圧リング用エアシリンダ 62 へ供給する空気圧を調整することにより押圧リング 43 が第二の固定砥粒研磨工具 14b を押圧する圧力を調整することができる。

【0073】図 8 はトップリング 13 と押圧リング 43 の構造を示す詳細図である。図 8 に示されるように、トップリング 13 の外端部は下方に垂下する垂下部 13s を有しており、この垂下部 13s とトップリング 13 の下面によって半導体ウエハ 20 を収容する凹部 13a が形成されている。

【0074】研磨工程においては、トップリング用エアシリンダ 50 によるトップリング 13 の押圧力に応じて押圧リング用エアシリンダ 62 による押圧リング 43 の第二の固定砥粒研磨工具 14b への押圧力を適宜調整して半導体ウエハ 20 の研磨を行う。研磨中にレギュレータ R1 によってトップリング 13 が半導体ウエハ 20 をターンテーブル 9 上の第二の固定砥粒研磨工具 14b に押圧する圧力 F1 を変更でき、レギュレータ R2 によって押圧リング 43 が第二の固定砥粒研磨工具 14b を押圧する圧力 F2 を変更できる（図 7 参照）。したがって、研磨中に、押圧リング 43 が第二の固定砥粒研磨工具 14b を押圧する圧力 F2 を、トップリング 13 が半導体ウエハ 20 を第二の固定砥粒研磨工具 14b に押圧する圧力 F1 に応じて変更することができる。この圧力 F1 に対する圧力 F2 を適宜調整することにより、半導体ウエハ 20 の中心部から周縁部、さらには半導体ウエハ 20 の外側にある押圧リング 43 の外周部までの研磨圧力の分布が連続かつ均一になる。そのため、半導体ウエハ 20 の周縁部における研磨量の過不足を防止することができる。

【0075】また半導体ウエハ 20 の周縁部で内部側より意図的に研磨量を多くし又は逆に少なくしたい場合には、押圧リングの押圧力 F2 をトップリングの押圧力 F1 に基づいて最適な値に選択することにより、半導体ウエハ 20 の周縁部の研磨量を意図的に増減できる。

【0076】本実施例においては、トップリング 13 は半導体ウエハ 20 を収容する凹部 13a を有しているため、押圧リング 43 がトップリング 13 に対して上下動する際に、半導体ウエハ 20 の外周面をすることがな

い。そのため、半導体ウエハ 20 の研磨中に押圧リング 43 の上下動により生ずる研磨性能への影響を避けることができる。しかし、トップリング 13 に凹部を設けず、押圧リングで研磨面を押圧すると共に直接ウエハの側面を保持する構造にしてもよい。なお、第一研磨工程においては、固定砥粒研磨工具が硬いのでウエハの沈み込みがほとんどないため、図 3 に示す通常のガイドリング 16 のみを有するトップリング機構 10 で充分である。

10 (4) 固定砥粒研磨工具

【0077】以下、第一及び第二の固定砥粒研磨工具について説明する。固定砥粒研磨工具は一般に、素地を構成するバインダ（結合剤）に砥粒が分散して構成されている。バインダは、通常、高分子を重合させたいゆる樹脂が用いられ、樹脂原料中に砥粒を分散させた状態で重合反応させ、同時に形状付与することにより作成される。樹脂原料中には、物性値を調整するために、添加物として適当な粒子原料を加える。第一及び第二の固定砥粒研磨工具として一番大きな違いは、素地の硬さ（弾性）であり、これは主に原料素材を変えることによって達成される。

【0078】図 9 は、この発明の固定砥粒研磨工具 14a、14b の構成を示す模式図であり、素地を形成するバインダ 65 の中に、砥粒 66、弾性体微粒子 67、空孔 68 がそれぞれ所定の比率で配合され、分散している。

【0079】砥粒 66 としては、酸化セリウム（ CeO_2 ）、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 MnO_2 、 Mn_2O_3 等が用いられる。絶縁膜を研磨する場合には、酸化セリウム（ CeO_2 ）、 Al_2O_3 が金属膜を研磨する場合には、 Al_2O_3 、 SiO_2 等が好適である。いずれも、第一及び第二の固定砥粒研磨工具のいずれにも用いることができる。他の条件を除いて考えると、 Al_2O_3 は硬度が高いので、第一の固定砥粒研磨工具に好適である。

【0080】これらの砥粒 66 として微細な砥粒を使用すればスクラッチの無い研磨を実現できることが分かっており、微細な砥粒を少しの力で分散可能な造粒粉に加工し、固定砥粒に用い、スクラッチの無い研磨を実現することができる。使用する砥粒の数値の 1 例を上げると第一の固定砥粒研磨工具 14a に使用する砥粒は、平均粒径 $1.0\mu\text{m}$ 以下、最大粒径 $3\mu\text{m}$ 以下であり、第二の固定砥粒研磨工具 14b に使用する砥粒は第一の固定砥粒研磨工具 14a と比較し同等かそれ以下である。ただし、これは樹脂の選定などにより左右される。また、第一の固定砥粒研磨工具 14a と比較して第二の固定砥粒研磨工具 14b に軟質の砥粒を使用した場合には、この限りではない。

【0081】バインダ 65 としては、第一の固定砥粒研磨工具 14a に用いる硬質なバインダとして好適な材質

は、フェノールPF、ユリアUF、メラミンMF、不飽和ポリエステルUP、エポキシEP、ポリ塩化ビニルPVC、A(S)AS、ポリメチルメタクリルPMM A、ポリアミドPA、ポリカーボネートPC、ポリフェニレンエーテルPPE(変性PPO)、ポリブチレンテレフタレートPBT、ポリサルホンPSF、ポリエーテルサルホンPES、ポリフェニレンサルファイドPPS、ポリアリレートPAR、ポリアミドイミドPAI、ポリエーテルイミドPEI、ポリエーテルエーテルケトンPEEK、ポリイミドPIなどがある。

【0082】軟質な固定砥粒研磨工具とは、以下の手段から達成することができる。

①材料そのものが軟らかい(バインダの種類、バインダ硬化時の条件)。

②空孔率が高い(発泡剤、中空粒子の混入、混合時の空気量)。

③ゴム等の軟質粒子との複合材料である。

【0083】二次研磨用軟質バインダとして好適な材質は、ゴム系樹脂の他に、発泡性樹脂が有る。発泡性樹脂としては、ポリウレタンPUR、ポリビニールアルコールPVA、ポリ塩化ビニリデンPVDC、ポリエチレンPC、ポリプロピレンPP、ポリホ化ビニリデンPVPD F、ポリスチレンPS、アクリロニトリルブタジエンスチレン(以下ABSと略す)、ポリスチレンPOM、超高分子量ポリエチレンUHMW-PE、ポリエチレンテレフタレートPET、ポリテトラフルオロエチレンPTFE、やポリビニルフルオライド、ポリビニリデンフゴロライド、ポリクロトリフルオロエチレンやビニルフルオライド、ビニリデンフルオライド、ジクロロフルオロエチレン、ビニルクロライド、ビニリデンクロライド、パーフルオロ α -オレフィン類(例えばヘキサフルオロプロピレン、パーフルオプロペン-1、パーフルオペンテン-1、パーフルオヘキセン-1等)パーフルオブタジエン、クロトリフルオロエチレン、トリクロロエチレン、テトラフルオロエチレン、パーフルオアルキルパーフルオビニルエーテル類(例えば、パーフルオメチルパーフルオビニルエーテル、パーフルオエチルパーフルオビニルエーテル、パーフルオプロピルパーフルオビニルエーテル等)、炭素数1~6個のアルキルビニルエーテル、炭素数6~8個のアリールビニルエーテル、炭素数1~6個のアルキルまたは炭素数6~8個のアリールパーフルオビニルエーテル、エチレン、プロピレン、スチレン等であり、又はポリビニリデンフルオライド、ポリビニルフルオライド、ビニリデンフルオライド-テトラフルオロエチレン共重合体、ビニリデンフルオライド-ヘキサフルオロプロピレン共重合体、テトラフルオロエチレン-エチレン共重合体、テトラフルオロエチレン-プロピレン共重合体、エチレン-クロトリフルオロエチレン共重合体、テトラフルオロエチレン-クロトリフルオロエチレン

共重合体、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体、テトラフルオロエチレン-パーフルオメチルパーフルオビニルエーテル共重合体、テトラフルオロエチレン-パーフルオロエチルパーフルオロビニルエーテル共重合体、テトラフルオロエチレン-パーフルオロプロピルパーフルオロビニルエーテル共重合体、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン-パーフルオメチルパーフルオロビニルエーテル共重合体、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン-パーフルオロエチルパーフルオロビニルエーテル共重合体、テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン-パーフルオロプロピルパーフルオロビニルエーテル共重合体等である。ただし、第一の固定砥粒研磨工具14aと比較し第二の固定砥粒研磨工具14bには小さな弾性係数のバインダを使用することを基本とするが、研磨対象、使用する研磨砥粒の組み合わせによってはこの限りでない。

【0084】製造方法としては、第一及び第二の固定砥粒研磨工具に共通であるが、圧縮成形法、トランスファ成形法、射出成形法、押出成形法、注型法、スラッシュ法、冷成形法、ブロー成形法、真空成形法、機械加工などが挙げられる。空孔率を上げるには、固定砥粒に発泡剤を添加して樹脂成形を行ったり、また、例えば、ポリアクリロニトリル(PAN)等の中空粒子を混入することも挙げられる。空孔率を上げるには、発泡剤を添加して樹脂成形を行ったり、また例えば、ポリアクリロニトリル(PAN)等の中空粒子を混入することも挙げられる。

【0085】固定砥粒中に弾性体微粒子を加える方法としては、バインダにゴム系微粒子を配合する方法がある。すなわち、図9に示す弾性体微粒子67としてゴム系微粒子を用いるものである。第二の固定砥粒研磨工具14bとして用いる場合は、固定砥粒研磨工具の構造内に所定比率で弾性体微粒子67を配すると、ミクロ的に見れば、柔らかな弾性体微粒子67による衝撃吸収作用が働き、スクラッチ(キズ)の発生が抑えられ、高品位の研磨が実現可能となる。

【0086】使用する弾性体微粒子の具体例としては、天然ゴム(IR)、スチレンブタジエン(SBR)、ブタジエン(BR)、クロロプレン(CR)、ブチル(IIR)、ニトリル(NBR)、エチレンプロピエン(EPDM)、クロロスルホン化ポリスチレン(CSM)、アクリル(アクリル酸アルキルエステルと架橋性モノマとの共重合性体ACM、アクリル酸アルキルエステルとアクリロニトリルとの共重合体ANM、ウレタンU、シリコンQ、フッ素FKM、多硫化T等が上げられ、特にクロロスルホン化ポリスチレン(CSM)は耐候性、耐酸性、耐無機薬品性、耐摩耗性に優れ、アクリル(アクリル酸アルキルエステルと架橋性モノマとの共重合性体ACMや、アクリル酸アルキルエステルとアク

リノリトリルとの共重合体 ANM は耐熱性に優れ、フッ素 FKM は耐熱性、耐薬品性、耐候性に優れ、シリコン Q は耐熱性に優れるばかりでなく、使用温度範囲が広範囲であり、研磨環境に対し、変質しづらく、非常に好適である。また、ポリアクリロニトリル (PAN) 等の中空粒子も有効である。

【0087】第一の固定砥粒研磨工具 14a として好適な硬さは、ピッカーズ硬さが 10~70 であり、弾性係数は、 $1000 \sim 10000 \text{ kgf/cm}^2$ ($9800 \sim 98000 \text{ N/cm}^2$)、更に好ましくは $3000 \sim 7000 \text{ kgf/cm}^2$ ($29400 \sim 68600 \text{ N/cm}^2$) である。これに対して、第二の固定砥粒研磨工具 14b として好適な硬さは、ショア硬さが 20~50、好ましくは 30~40 であり、弾性係数は、 $300 \sim 1000 \text{ kgf/cm}^2$ ($2940 \sim 9800 \text{ N/cm}^2$)、さらに好ましくは $450 \sim 700 \text{ kgf/cm}^2$ ($4410 \sim 6860 \text{ N/cm}^2$) である。ここで述べた固定砥粒研磨工具の弾性係数とは、固定砥粒の部分の性質を言う。以下に述べるように、固定砥粒に弾性体を積層させて積層固定砥粒研磨工具として用いる場合には、上記は上層の固定砥粒部分の物性を指すものとする。

【0088】このように、軟質の固定砥粒研磨工具を用いる場合にスクラッチを除去することができるメカニズムについて説明する。硬い固定砥粒研磨工具 14a (図 10 (A) の場合、研磨面が変形しない。従って、砥粒 66 の粒径のばらつきがあると、大粒子のみがウエハ 20 の加工面に接することになり、過度の力で砥粒 66 が作用するため、ウエハ面にスクラッチが生じやすい。しかし、柔らかい固定砥粒研磨工具 14b (図 10

(B) の場合、大粒子は固定砥粒研磨工具に押し込まれてしまうので、ウエハ 20 と固定砥粒研磨工具 14b 間の隙間が狭まり、小さな砥粒 66 もウエハ 20 に接することができる。従って、多数の砥粒 66 がウエハ 20 に接触するため、砥粒 66 が及ぼすウエハ 20 への加工力も小さく、均一になり、過度の力で砥粒 66 が作用しにくくなるため、スクラッチが生じない。

【0089】図 11 は、結合剤に粒子状の水溶性バインダ 69 を含有させて砥粒 66 の自生を促すようにしたものである。これにより、研磨中には固定砥粒に含有された水溶性バインダが、供給された純水又は薬液又はスラリーに溶け出し、砥粒の結合度合いを低減して、自生する砥粒の量を増加することが可能である。これにより、多くの砥粒が被研磨面に作用することになる。つまり、被加工面単位積当たりの実質有効砥粒数が十分に供給され、このとき、砥粒 1 つ当たりの押付力が低下し、被研磨面に柔らかく作用する。使用する砥粒が微細である場合には、上記加工の際に、供給する研磨液内に分散しやすくなるため、界面活性剤などの分散剤を研磨液に配合することが好ましい。

【0090】図 12 に示す第二の固定砥粒研磨工具 14b は、上層に上記で説明した軟質な固定砥粒研磨工具 14b1、下層に上層よりもさらに軟質な弾性体 14b2。

(例えば不織布や発泡樹脂) とを組み合わせた積層固定砥粒研磨工具 14b を用いて、全体として軟質としたものである。

【0091】なお、固定砥粒研磨工具 14a、14b (砥粒とバインダで構成される本体) の厚さについては、製造方法等から来る制約を除き、特に制約は無いが、第二の固定砥粒研磨工具 14b が軟質なので大きな弾性変形を避けるために薄めにする一方、第一の固定砥粒研磨工具 14a はその制約が無い。特に、後述するようにドレッシングをして長時間の寿命を得ることができることから、一般には厚めに設定した方がよい。発明者の実施経験では、ハンドリングのし易さも考慮して、未使用の状態において、第一の固定砥粒研磨工具 14a では 5mm 以上、好ましくは 10~20mm であり、第二の固定砥粒研磨工具 14b では、5mm 以下、好ましくは 1~2mm である。

20 砥磨工程

【0092】図 1 に示すような回転型研磨テーブルによって主研磨工程と仕上げ研磨工程を行う場合の推奨される研磨条件は以下の通りである。主研磨工程は、研磨工具面のドレッシングと該研磨工具面でのウエハ研磨の 2 つのプロセスからなっている。ドレッシング条件は例えば、「回転数：テーブル/ドレッサ = $25/30 \text{ min}^{-1}$ 」、ドレッサ面圧： 50 g/cm^2 (490 mN/cm^2)、ドレッシング時間：10 sec であり、ウエハ研磨条件は例えば、「ウエハ面圧： 300 g/cm^2 (2940 mN/cm^2)」、回転数：テーブル/ウエハ = $30/35 \text{ min}^{-1}$ 、液体供給量： 200 cc/m^2 、液体種類：純水 (1 wt % 以下の界面活性剤含有) である。ここでドレッシングの目的は、研磨工具面に微細な凹凸を形成することにある。よってドレッサ面圧はある程度の大きさが必要であるが、必要以上に大きくすると工具の減耗が加速され、寿命低下の一因となる。そこでドレッサ面圧は 200 g/cm^2 (1960 mN/cm^2) 以下がよく、望ましくは 100 g/cm^2 (980 mN/cm^2) 以下程度がよい。ドレッシングはウエハ 1 枚ごとに行う。同じ理由で、ドレッシング時間は 30 sec 以下、望ましくは 15 sec 以下程度がよい。ウエハ研磨の場合は、工具が硬質であることから、ウエハへのダメージを極力抑えるために、ウエハ面圧は低いほうがよく、望ましくは 300 g/cm^2 (2940 mN/cm^2) 以下がよい。

【0093】一方、仕上げ研磨工程も、研磨工具面のドレッシングと該研磨工具面でのウエハ研磨の 2 つのプロセスからなっている。ドレッシング条件は、例えば、「回転数：テーブル/ドレッサ = $40/17 \text{ min}^{-1}$ 」、ドレッサ面圧： 200 g/cm^2 (1960 mN/cm^2)

N/cm^2 ）、ドレッシング時間：17sec）であり、ウエハ研磨条件は、例えば、「ウエハ面圧：150 g/cm^2 、回転数：テーパー/ウエハ＝70/75 min^{-1} 、液体供給量：200 cc/min 、液体種類：純水（1wt%以下の界面活性剤含有）または薬液またはスラリー」である。仕上げ研磨の場合も、ドレッシング面圧は低く抑えるべきで、ドレッシング面圧は200 g/cm^2 （1960 mN/cm^2 ）以下がよく、望ましくは100 g/cm^2 （980 mN/cm^2 ）以下程度がよい。同じ理由で、ドレッシング時間も20sec以下、望ましくは10sec以下程度がよい。仕上げ研磨の目的は、ウエハ面のダメージ（特にキズ）を除去することにある。仕上げ研磨では、ウエハ面圧が大きいと、ウエハ面の傷が除去されずかえってキズ口が広がる場合もありうる。そこでキズ除去を効果的に行うためには、ウエハ面圧を低くし、かつウエハと研磨面の相対速度を大きくしたほうがよい。すなわち、ウエハ面圧は主研磨工程よりも低く設定し、300 g/cm^2 （2940 mN/cm^2 ）以下、望ましくは200 g/cm^2 （1960 mN/cm^2 ）以下がよく、テーパー回転数は50 min^{-1} 以上、望ましくは70 min^{-1} 以上がよい。

【0094】研磨液については、研磨対象物に応じた酸、アルカリ等の成分を含ませる。一般に、固定砥粒研磨工具の素材である高分子材料は、親水性を示し、研磨液をはじいてしまうため、研磨液保持能力が低く、安定した研磨を行うことができない。そのため、研磨液に界面活性剤を混合することにより、親水性を確保し、表面にむら無く安定した研磨が行うことができる。さらに、仕上げ研磨においては、界面活性剤やグリセリンのような研磨液の粘度を増加させるような添加物を加えてもよい。添加するタイミングは、仕上げ研磨工程の最初からでも、あるいは後半のみに部分的に加えてもよい。これにより、工具面と対象物面の間に液体クッションが形成され、砥粒がソフトに作用する結果、機械研磨作用が減少し、スクラッチ除去作用が顕著に表れる。なお、第一の研磨工程でデバースウエハの凹凸パターンを平坦化し、続く仕上げ研磨工程で所望の膜厚までの削り増しと、スクラッチ除去の仕上げ研磨の両方を行なう場合がある。この場合は、仕上げ研磨工程での研磨速度を速めるためにスラリーを供給しながら研磨したり、研磨面をドレッシングしながら（in-situ dressing）研磨を行なう。

【0095】研磨時間の管理については、第一研磨工程においては、固定砥粒研磨工具のいわゆるセルフストップ機能を利用することが考えられる。これは、固定砥粒方式では研磨が進行して被研磨面の凹凸が無くなると、研磨がそれ以上進行しなくなる現象であり、これは例えばターンテーブルもしくはトッピングの回転駆動モータの負荷を計測することにより判定可能である。金属膜を研磨する場合は、モータの負荷の測定の他に、トップ

リングにつけた渦電流センサによる膜厚計測でも一次研磨の終了を判定することが可能である。一方、仕上げ研磨工程においては、既に平坦化した後の傷とを、例えば、表面を500～1000Å研磨することにより行なうので、研磨時間を管理することにより、あるいは光学、渦電流等の膜厚計で測定しながら管理するのが良い。

【0096】（6）ドレッシング

第一研磨工程のドレッシングの目的は固定砥粒研磨工具作用面に対し、自生作用を促すための微小なキズを付けることで表面を荒らすことである。硬質の固定砥粒研磨工具に対して行なう一次研磨のドレッシングは、固定砥粒が硬質であるため、ドレッシング荷重が軽くても固定砥粒の表面を荒らす効果が得られる。一方、仕上げ研磨用の固定砥粒研磨工具14bは、工具自体に弾性が有るので、ドレッシング荷重が軽すぎると固定砥粒研磨工具が変形するのみで目立て効果が得られにくい。従って、ある程度の荷重を掛ける必要がある。従って、ドレッシング荷重は仕上げ研磨工程の方が主研磨工程より大きい。

【0097】この研磨装置では、研磨作業と並行して（in-situ）あるいは、研磨作業の開始前に（ex-situ）固定砥粒研磨工具14a、14bのドレッシングを行なう。すなわち、図3に示すように、ドレッシングツール19を下面に保持したドレッシング部材18およびターンテーブル9を回転させた状態で、ドレッシングツール19を第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14bの研磨位置と反対側の位置に当接させ、所定圧力をかける。第一研磨工程用の固定砥粒研磨工具14aはある程度に厚さを持っており、所定深さまで均一な砥粒分布を持つ構成となっているので、ドレッシングを行なうことにより新たな研磨面が形成され、工具を頻繁に取り替えることなく、効率的にかつ低コストで研磨を行なうことができる。

【0098】図13は、ドレッシング機構11の一側であるダイヤモンドドレッシングを示すもので、ドレッシング回転軸70の下端に、ドレッシング本体71の下面にダイヤモンドの微粒子が電着されたプレート72を具備している。ドレッシング回転軸70の下端には、取付けアタッチメント74が固定ねじ75によって取付けられている。取付けアタッチメント74とドレッシング本体71との間には、揺動支点を構成するセラミック製のボール76が介装されている。ドレッシング本体71と取付けアタッチメント74とは、取付けねじ77によって連結されている。取付けねじ77と取付けアタッチメント74との間には圧縮コイルスプリング78が介装されている。またドレッシング本体71と取付けアタッチメント74との間には、両者の間で回転力を伝達するピン79が設けられている。なお、ドレッシングのダイヤモンド粒子はバレット状のものをリング状に配置してもよい。

【0099】ドレッシングを同時並行的に行なうかどうか

かは、例えば、被研磨面の凹凸状況を判断して行なう。被研磨面の凹凸の密度が高い場合には、被研磨面の凹凸が固定砥粒研磨工具の表面を荒らして砥粒の自生を促し、研磨能力を付与する。凹凸密度が低い場合には、そのような作用が得られないので、研磨中にドレッシングを行って砥粒を強制的に自生させる。

【0100】このとき、ドレッシングツール19が研磨工具に接触するのと同じもしくは接触前に、ドレッシング液供給ノズル21から第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14b上面にドレッシング液を供給する。ドレッシング液を供給するのは、第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14b上に残留している使用済み砥粒及び研磨液を洗い流すことを目的としている。ドレッシング液としては、純水、もしくは純水に界面活性剤を添加する。また、ドレッシング処理はドレッシングツール19と第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14bとを擦り合わせるため、ドレッシング処理によって発生する摩擦熱を除去するという効果もある。第一又は第二の固定砥粒研磨工具14a又は14b上に供給されたドレッシング液はターンテーブルの回転による遠心力を受けてテーブル外へ飛散し、枠体17の下部のとい17aで回収される。

【0101】ドレッシングは、通常は、下面にダイヤモンド粒子を電着したダイヤモンドドレッサを用いて機械的に行なうが、ある種の組成の固定砥粒研磨工具の場合には、電磁波を照射して表面層を変質させ、脆化させることによって表面を荒らす方法も考えられる。電磁波としては、エキシマランプからの紫外線やエレクトロニウム（電子線）等が考えられる。電磁波による方法はドレッシング工具からドレッシング粒子（ダイヤモンド粒子等）が落下することが無いので、それによるスクラッチの発生を防止することができる。

【0102】なお、研磨装置の全体の構成は、図14のようにしても良い。これは、第二の固定砥粒研磨工具を循環並進テーブル（スクロールテーブル）から構成したものである。この場合、仕上げ研磨工程用のテーブルが小さくなるので、全体の装置構成をコンパクトにすることができる。

【0103】図15、図16（A）及び図16（B）は、スクロール型の研磨装置の循環並進運動機構を示す図である。ここで循環並進運動とは、2つの面が互いに相対する姿勢を変えずに、並進運動のみで、相対的に円等の循環運動をすることである。このような装置では、固定砥粒研磨工具の大きさを基板より少し大きくするだけで済む。従って、平坦度の高い固定砥粒研磨工具の製造が容易であるとともに、駆動用モータも小型で済み、装置もコンパクトになり、占有面積も小さくてよい。この装置は、循環並進運動する研磨工具面を提供する並進テーブル部131と、ウエハ20を被研磨面を下に向けて把持し、所定圧力で研磨工具面に押圧するトップリ

ング132を備えている。

【0104】並進テーブル部131は、内部にモータ133を収容する筒状のケーシング134の上部に、内側に環状に張り出す支持板135が設けられ、これには周方向に3つ以上の支持部136が形成され、定盤137が支持されている。つまり、この支持部136の上面と定盤137の下面の対応する位置には、周方向に等間隔に複数の凹所138、139が形成され、これにはそれぞれベアリング140、141が装着されている。そして、このベアリング140、141には、図16（B）に示すように“e”だけずれた2つの軸体142、143を持つ連結部材144が、各軸体の端部を挿入して装着され、これにより定盤137が半径“e”の円に沿って並進運動可能となっている。

【0105】又、定盤137の中央下面側には、モータ133の主軸145の先端に偏心して設けられた駆動端146を軸受147を介して収容する凹所148が形成されている。この偏心量も同様に“e”である。モータ133は、ケーシング134内に形成されたモータ室149に収容され、その主軸145は上下の軸受150、151により支持されているとともに、偏心による負荷のバランスをとるバランサ152a、152bが設けられている。

【0106】定盤137は、研磨すべきウエハ20の径に偏心量“e”を加えた値よりやや大きい径に設定され、2枚の板状部材153、154を接合して構成されている。これらの部材の間には研磨面に供給する水又は薬液等の液を流通させる空間155が形成されている。この空間155は側面に設けられた液供給口156に連通しているとともに、上面に開口する複数の液吐出157と連通している。定盤137の上面には、第二の固定砥粒研磨工具159が貼着されている。この第二の固定砥粒研磨工具159の液吐出157に対応する位置に吐出孔158が形成されている。これらの吐出孔157、158は、通常は定盤137、第二の固定砥粒研磨工具159の全面にはば均一に分散配置されている。

【0107】押圧手段であるトップリング132は、シャフト160の下端に研磨面に合わせたい程度の傾動を可能として取り付けられ、図示しないエアシリンダの押圧力と駆動モータの回転力がシャフト160を介してこのトップリング132に伝達される。このトップリング132の基板保持部には弾性シート162が装着される。尚、ケーシング134の上部外側には研磨面に供給された液を回収する回収槽163が取り付けられている。

【0108】これらの研磨ユニットでの研磨工程を説明すると、モータ133の作動によって定盤137が並進円運動し、トップリング132に取り付けられたウエハ20は定盤137に貼付した第二の固定砥粒研磨工具159の面上に押し付けられる。研磨液供給口156、空

間 155、液吐出孔 157、158 を介して研磨面には液が供給され、これは第二の固定砥粒研磨工具 159 の面の溝を経て第二の固定砥粒研磨工具 159 とウエハ 20 の間の研磨面に供給される。

【0109】ここで、第二の固定砥粒研磨工具 159 の面とウエハ 20 面には半径“e”の微小な相対並進運動が生じて、ウエハ 20 の被研磨面はその全面において均一な研磨がなされる。なお、被研磨面と研磨面の位置関係が同じである、研磨面の局部的な差異による影響を受けるので、これを避けるためにトップリング 132 を徐々に自転させて、第二の固定砥粒研磨工具 159 の同じ場所のみで研磨がなされるのを防止している。

【0110】図 14 のこの装置における被研磨材であるウエハ 20 の流れは、以下の通りである。すなわち、ウエハ 20 は、プッシャ 12 へトップリング機構 10 へ第一固定砥粒研磨工具 14 a へプッシャ 12 へトップリング 132 へ仕上げ用固定砥粒研磨工具 14 b へプッシャ 12、の順に流れる。この装置では、2 段の研磨をウエハを持ち替えて行なうので、仕上げ工程にウエハを渡した主研磨工程のトップリング機構 10 は、プッシャ 12 からウエハを受け渡されて第一研磨工程を開始することができる。すなわち、2 つの研磨工程を同時並行的に行なうことができるので、スルーputの向上を図ることができる。ウエハは、第一研磨又は仕上げ研磨のいずれか又は両方の後、水又は薬液を掛けて洗浄することができ。

【0111】図 17 は、この発明のさらに他の実施の形態を示すもので、図 1 と同じく 2 つのターンテーブル 9 に第一及び第二の固定砥粒研磨工具 14 a、14 b が取り付けられてそれぞれ第一の研磨ユニット 1 a、仕上げ研磨ユニット 1 b を構成している。この実施の形態では、第一及び第二の研磨ユニットが 1 基のトップリング機構 10 を共有している点である。この実施の形態では、ウエハ 20 は、プッシャ 12 へトップリング機構 10 へ第一固定砥粒研磨工具 14 a へ仕上げ用固定砥粒研磨工具 14 b へプッシャ 12、の順に流れるので、ウエハ 20 を持ち替える手間が掛からず、作業のサイクルが短縮される。

【0112】図 18 は、本発明の他の実施の形態である、リング状又はカップ状の固定砥粒研磨工具 14 A を示す図である。同図 (A)、(B) に示すように、この固定砥粒研磨工具 14 A は、円板状の支持部材 80 の下面に、リング状に形成された固定砥粒部材 81 が取り付けられて構成されている。固定砥粒部材 81 の研磨面側の内外周のエッジ部 82、83 は、同図 (C) に示すように所定の半径の丸みを持って形成されている。

【0113】このカップ型の固定砥粒研磨工具 14 A は、図 19 に示すような構成の研磨装置 84 に取り付け用いられる。すなわち、この装置は、ウエハを被研磨面に上に向けて回転可能に保持するウエハホルダ 84 a

と、固定砥粒研磨工具 14 A の研磨面を下に向けて保持する工具ホルダ 85 とを備えている。ウエハホルダ 84 a は、上面にウエハを保持する回転テーブル 86 と、その周囲を取り囲み、ウエハをその表面がホルダ面とほぼ同一面となるように保持しつつ J 方向に往復移動する並進テーブル 87 とを備えている。一方、工具ホルダ 85 は、駆動モータによって回転され、図示しない押圧機構によって固定砥粒研磨工具 14 A を下方に押圧する回転軸 88 を備えている。

【0114】このような装置において、ウエハホルダとカップ型の固定砥粒研磨工具をそれぞれ独立に回転させながら、ウエハ 20 に固定砥粒研磨工具 14 A を押し付け、並進テーブル 87 を往復移動させることにより、ウエハ 20 の表面全体が研磨される。その際、固定砥粒研磨工具 14 A の内外周のエッジ部 82、83 が丸みを持って形成されているので、ウエハ 20 がエッジ部 82、83 によって過剰研磨されるおそれなく、表面全体を均一に研磨することができる。

【0115】図 20 は、さらに他の実施の形態の研磨装置 90 を示すもので、内周側に第一の固定砥粒研磨工具 14 a、外周側に第二の固定砥粒研磨工具 14 b を、同一の回転テーブル上に構成したものである。第二の固定砥粒研磨工具 14 b を外側に配置したので、回転数は同様でも作用半径が大きくなり、相対速度が大きくなるため、スクラッチの無い被研磨面を得られやすい特徴がある。また、14 a と 14 b との間に溝 91 を形成したことにより、研磨液が混じり合わずにそれぞれの機能を維持できる利点も有る。

【0116】図 21 は、本発明のポリッシング装置の更に他の実施の形態を説明する平面図である。図 21 に示すように、ポリッシング装置は、長方形のスペースの一端側に位置した被研材である半導体ウエハ 20 をロード及びアンロードするためのロードアンロードユニット 221 と、長方形のスペースの他端側に位置した半導体ウエハ 20 を研磨するための 2 つの主研磨ユニット 230 a、230 b とを備えている。ロードアンロードユニット 221 と主研磨ユニット 230 a、230 b とは、2 つの搬送ロボット 222 a、222 b がロードアンロードユニット 221 と主研磨ユニット 230 a、230 b との間で移動するワークピース搬送ラインによって結ばれている。

【0117】ポリッシング装置は、さらに、ワークピース搬送ラインの一端側に配置され半導体ウエハ 20 を反転するための反転機 225 と、前記ワークピース搬送ラインの他端側に配置された仕上げ研磨ユニット 230 c と、3 機の洗浄機 223 a、223 b、223 c とを備えている。洗浄機 223 a、223 b、223 c はブラシまたはスポンジ等を用いたリンス洗浄機またはスクラジ洗浄機を含んでいる。主研磨ユニット 230 a、230 b および仕上げ研磨ユニット 230 c の構成は基本的

に同一であり、それぞれ研磨工具面の循環並進運動をする並進テーブル部と、半導体ウエハ20を保持しかつ研磨面に対して半導体ウエハ20を所定の圧力で押圧するトップリングとを備えている。主研磨ユニット230a、230bおよび仕上げ研磨ユニット230cは図15および図16に示す研磨ユニットと同一の構造を有している。即ち、砥石板159が主研磨ユニット230a、230bの定盤137の表面に貼り付けられており、研磨布159aが仕上げ研磨ユニット230cの定盤137に貼り付けられている。ここでは、定盤137に直接砥石159を貼り付けた例を示したが、先述の様に、カートリッジタイプで装着してもよい。これらの砥石159および研磨布159aは、吐出孔157と整合した複数の吐出孔158を備えている。吐出孔157、158は、定盤137、砥石板159および研磨布159aの全面に亘って均一に配置されている。砥石板159は主研磨ユニット230a、230bの定盤137の上面に取付けられ、研磨布159aは仕上げ研磨ユニット230cの定盤137の上面に取付けられている。

【0118】砥石板159は、数 μm 以下の粒度の砥粒（例えば CeO_2 ）と、砥粒の結材材として機能する樹脂（バインダ）とからなる円形のディスクである。研磨面を平坦に保つために、砥石板159が製造および保管の間に反り変形したりしないように、その素材および製造工程が選択されている。砥石板159の表面には、研磨液を分配するとともに刮りくずを除去するために、格子状、スパラル状または放射状のパターン溝が設けられており、この溝と吐出孔158とが整合している。研磨液中の砥粒の粒子サイズは、荒削りを行う主研磨ユニット230a、230bでは比較的大きく、仕上げ研磨ユニット230cでは比較的小さく設定している。

【0119】トップリングは、図15に示すトップリングと同一の構造をしている。次に、本ポリッシング装置の作用を説明する。ウエハ収納用カセット内の半導体ウエハ20は、搬送ロボット222a、222bにより、必要に応じて反転機225を介して主研磨ユニット230a、230bのトップリング132の1つに搬送され、トップリング132に装着される。主研磨ユニット230aまたは230bでは荒削り研磨が行われる。荒削り研磨された半導体ウエハはロボット222a、222bによって洗浄機223aに移送されて、ここで洗浄が行われ、その後、仕上げ研磨ユニット230cにおいて仕上げ研磨が行われる。

【0120】これらの研磨ユニットでの研磨工程をさらに詳しく説明する。モータの作用によって定盤137が並進運動（スクロール運動）をし、トップリング132に取り付けられた半導体ウエハ20は定盤137に取付けられた砥石板159の表面に押し付けられる。研磨液は、吐出孔157、158および砥石板159の溝を

通して半導体ウエハ20の被研磨面に供給される。砥石板159の研磨面と半導体ウエハ20の間には、半径 e の微小な並進運動が生じ、この作用によって、半導体ウエハの全面の均一な研磨がなされる。半導体ウエハ20の被研磨面と砥石板159の相対位置関係が同一であると、半導体ウエハの被研磨面は砥石板159の局所的なバラツキによって悪影響を受ける。この欠点を避けるために、半導体ウエハ20の表面が砥石板159の同一の局所的な領域で研磨されないように、トップリング132は自身の軸の回りにゆっくりと回転する。それゆえ、半導体ウエハの表面は砥石板159の異なる領域で連続的に研磨され、これゆえさらに均一に研磨される。仕上げ研磨は荒削り研磨と基本的に同一の工程である。ここで、主研磨工程においては、半導体ウエハ20と研磨工具（砥石板）159を比較的高速で相対移動させ、かつ、研磨圧力が比較的高く、研磨液が比較の粗い砥粒を含み、これにより所定の研磨量が得られるように研磨条件が設定されている。

【0121】一方、仕上げ研磨工程の目的は、半導体ウエハ20の表面の平坦度や面粗度の向上とともに付着している微細径の粒子を除去することを目的としている。それゆえ、研磨工具（研磨布）159aの研磨面の粗さはより細かく、研磨工具と半導体ウエハ間の相対移動の速度および押圧力は主研磨工程より小さい。研磨液は、通常、純水であるが、必要に応じて薬液やスラリーが用いられる。スラリーを用いた場合には、スラリーに含まれる砥粒が砥石の素材と同一の成分であるようにして良好な研磨結果が得られる場合もある。

【0122】仕上げ研磨ユニット230cによって仕上げ研磨が終わった半導体ウエハ20は洗浄機223a \rightarrow 223cによって1または2以上の洗浄工程で洗浄され、乾燥され、その後カセットに収納される。このポリッシング装置においては、2つの主研磨ユニット230a、230bが主研磨工程を行うために設けられ、1つの仕上げ研磨ユニット230cが設けられている。これは主研磨工程の時間が仕上げ研磨工程の時間より長からである。これゆえ、主研磨ユニットと仕上げ研磨ユニットはロスタイムなしに効率的に稼働できる。

【0123】ポリッシング装置においては、研磨工程が2段階に分かれて並行して行われるので、砥石板159の粒子サイズおよび吐出孔157、158は各研磨工程の条件に合わせて選択される。それゆえ、各研磨工程の時間が短縮される。したがって、全体の装置のスループットが従来の装置に比べて向上する。研磨ユニット230a \rightarrow 230cが循環並進運動するタイプであるので、定盤137の直径が半導体ウエハの直径より距離 e だけわずかに大きい。それゆえ、従来の研磨ユニットに比べて設置スペースが大幅に減少される。加えて、洗浄機および反転機を含むユニットの結合のレイアウトを設計すること、および既存のレイアウトを変更することが容

易となる。また、定盤 137 が研磨ユニット 230a ~ 230c において、循環並進運動をするので、定盤 137 は定盤 137 の周縁部の複数の位置で支持され、それゆえ、半導体ウエハは高速で回転するターンテーブルを有した従来の装置に比べてより高い平坦度で研磨される。図 21 に示す例においては、第 2 の研磨工程におい*

1. 第 1 次研磨

研磨剤	被研磨材の材質により異なる
砥石板の素材	CeO_2
砥石板の粒度	$0.1 \sim 10 \mu\text{m}$
面圧	$200 \sim 500 \text{ g/cm}^2$ ($1960 \sim 4900 \text{ mN/cm}^2$)
相対速度	$0.07 \sim 0.6 \text{ m/sec}$
時間	研磨量により異なる

【0125】

2. 第 2 次研磨

研磨剤	水、薬液、スラリー
研磨布	柔らかいクロス（不織布、ナップ層の物）
面圧	$0 \sim 200 \text{ g/cm}^2$ ($0 \sim 1960 \text{ mN/cm}^2$)
相対速度	$0.07 \sim 0.6 \text{ m/sec}$
時間	$10 \sim 120 \text{ sec}$

図 21 に示す実施の形態においては、研磨工具を砥石板として説明したが、砥石と固定砥粒とは同一のものである。尚、上記実施例は、本発明の好ましい実施例の一形態を述べたに過ぎず、本発明の趣旨を逸脱することなく、種々の変形実施例が可能なることは勿論である。

【0126】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、複数の固定砥粒研磨方式を使い分けることにより、環境やコストに有利であるという固定砥粒本来の利点を生かしつつ、高い平坦性と、スクラッチ（キズ）の少ない高品位の研磨が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明のポリッシング装置の全体の配置を模式的に示す平面図である。

【図 2】この発明のポリッシング装置の外観を示す斜視図である。

【図 3】図 1 及び図 2 に示す研磨ユニットの詳細を示す断面図である。

【図 4】図 1 乃至図 3 に示すポリッシング装置の動作を示す図である。

【図 5】図 1 の実施の形態のポリッシング装置のターンテーブルの断面図である。

【図 6】図 1 の実施の形態のポリッシング装置の他の実施の形態のターンテーブルの断面図である。

【図 7】図 1 の実施の形態のトップリングの模式的な断面図である。

【図 8】図 7 のトップリングの要部の拡大図である。

【図 9】固定砥粒研磨工具の実施の形態を示す模式的な断面図である。

* として研磨布が使用されたが、第 2 の研磨工程において砥石板を使用してもよい。この場合、第 2 の研磨工程における砥石板の砥粒は第 1 の研磨工程における砥石板の砥粒よりも微細である。

【0124】次に、第 1 研磨工程と第 2 研磨工程の平均的な研磨条件を対比して示す。

【図 10】固定砥粒研磨工具における研磨作用を示す模式的な断面図である。

【図 11】固定砥粒研磨工具の他の実施の形態を示す模式的な断面図である。

【図 12】固定砥粒研磨工具のさらに他の実施の形態を示す模式的な断面図である。

【図 13】ドレッサの実施の形態を示す断面図である。

【図 14】この発明の他の実施の形態のポリッシング装置の全体の配置を模式的に示す平面図である。

【図 15】図 14 の研磨テーブルの断面図である。

【図 16】図 15 の研磨テーブルの要部の平面図及び断面図である。

【図 17】この発明の他の実施の形態のポリッシング装置の全体の配置を模式的に示す平面図である。

【図 18】固定砥粒研磨工具の他の実施の形態を示す断面図、側面図及び要部拡大図である。

【図 19】図 18 の固定砥粒研磨工具を用いる研磨ユニットの斜視図である。

【図 20】この発明の他の実施の形態の研磨装置の平面図である。

【図 21】この発明の更に他の実施の形態の研磨装置の平面図である。

【図 22】従来の固定砥粒研磨工具の他の実施の形態を示す模式的な断面図である。

【図 23】従来の研磨装置による研磨状況を示すグラフである。

【図 24】従来の研磨装置による研磨状況を模式的に示す図である。

【符号の説明】

1 a, 1 b 研磨ユニット
 2 a, 2 b 半導体ウエハ収納用カセット
 3 研磨布
 4 a, 4 b ロボット
 5, 6 反転機
 7 a, 7 b, 8 a, 8 b 洗浄機
 9 ターンテーブル
 9 b 定盤
 9 a 軸心
 10 トップリング
 10 トップリング機構
 11 ドレッサ機構
 12 プッシャ
 13 トップリング
 13 a 凹部
 13 s 垂下部
 14 a, 14 b 固定砥粒研磨工具
 14 b₁ 固定砥粒工具
 14 b₂ 軟質な弾性体
 14 A 固定砥粒研磨工具
 15 研磨液供給ノズル
 16 ガイドリング
 17 粹体
 17 a とい
 18 ドレッシング部材
 19 ドレッシングツール
 20 半導体ウエハ
 21 ドレッシング液供給ノズル
 26 金属円盤
 27 a, 27 b 研磨工具カートリッジ
 27 A つば部
 28 クランプ機構
 29 可動部
 32 クランプ
 33 ボルト
 36 ネジ穴
 37 押しボルト又は吊りボルト
 42 弾性マット
 43 押圧リング
 45 主軸
 47 ボール
 48 トップリングシャフト
 49 トップリングヘッド
 50 トップリング用エアシリンダ
 51 回転筒
 52 タイミングブリー
 53 タイミングベルト
 54 トップリング用モータ
 55 タイミングブリー
 56 トップリングヘッドシャフト

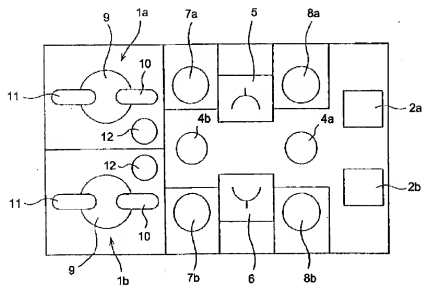
58 キー
 59 ベアリング
 60 ベアリング押え
 61 シャフト
 62 押圧リング用エアシリンダ
 64 圧縮空気源
 65 バインダ
 66 砥粒
 67 弾性粒子
 10 68 空孔
 69 水溶性バインダ
 70 ドレッサ回転軸
 71 ドレッサ本体
 72 プレート
 74 アタッチメント
 75 固定ネジ
 76 ボール
 77 取付ねじ
 78 圧縮コイルスプリング
 20 79 ピン
 80 支持部材
 81 固定砥粒部材
 82, 83 エッジ部
 84 ウエハホルダ
 84 研磨装置
 85 工具ホルダ
 86 回転テーブル
 87 並進テーブル
 88 回転軸
 30 90 研磨装置
 91 溝
 131 並進テーブル部
 132 トップリング
 133 モータ
 134 ケーシング
 135 支持板
 136 支持部
 137 定盤
 138, 139 凹所
 40 140, 141 ベアリング
 142, 143 軸体
 144 連結部材
 145 主軸
 146 駆動端
 147 軸受
 148 凹所
 149 モータ室
 150, 151 軸受
 152 a, 152 b バランサ
 50 153, 154 板状部材

155 空間
 156 液供給口
 156 研磨液供給口
 157, 158 吐出孔
 157 液吐出孔
 157, 158 液吐出孔
 158 吐出孔

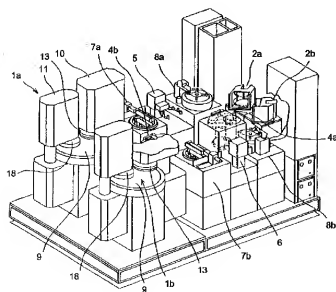
* 159 固定砥粒研磨工具
 160 シャフト
 161 基板保持部
 162 弾性シート
 163 回収槽
 R1, R2 レギュレータ

*

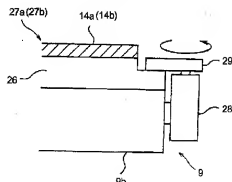
【図1】



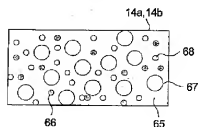
【図2】



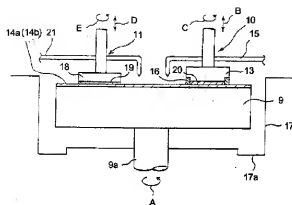
【図5】



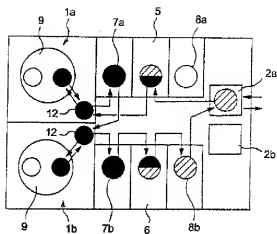
【図9】



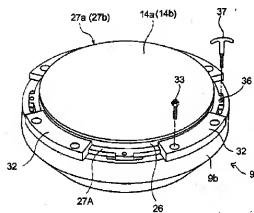
【図3】



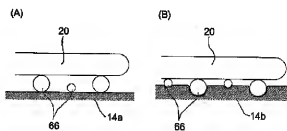
【図4】



【図6】

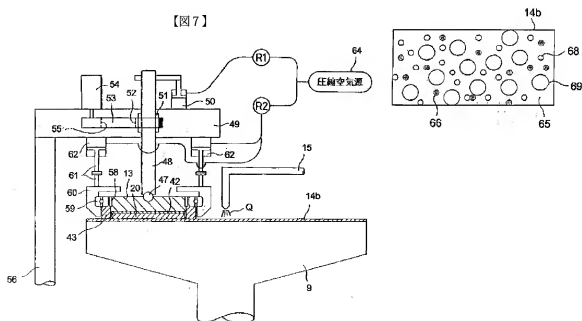


【図10】

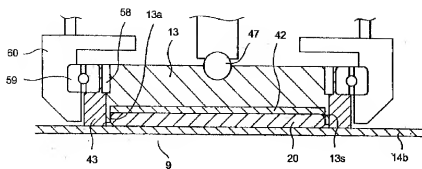


【図11】

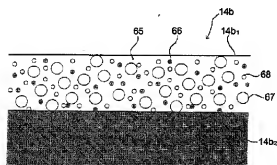
【図7】



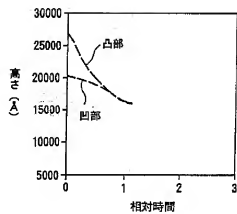
【図8】



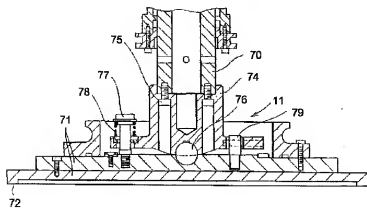
【図12】



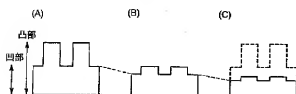
【図23】



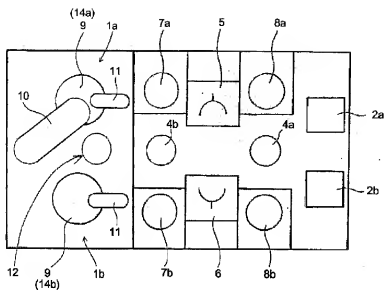
【図13】



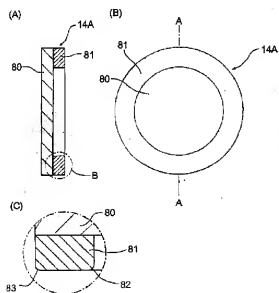
【図24】



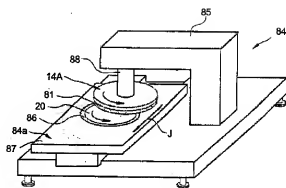
【図17】



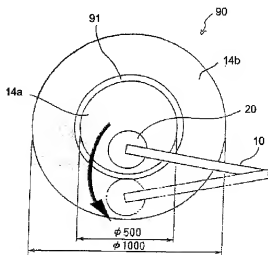
【図18】



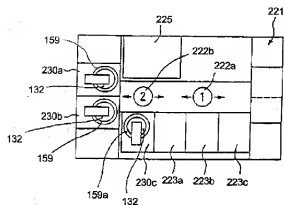
【図19】



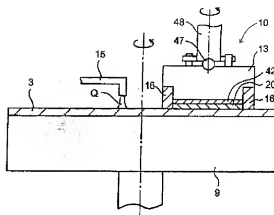
【図20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

B 2 4 B 1/00

識別記号

F I

B 2 4 B 1/00

サーチコード (参考)

A

(72) 発明者 和田 雄高

神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 2 番 1 号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 松尾 尚典

神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 2 番 1 号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 清水 展

東京都大田区羽田旭町 11 番 1 号 株式会社荏原製作所内